

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-250171

(43)Date of publication of application : 07.09.1992

(51)Int.Cl.

A61M 21/00  
A61B 5/16  
G06F 15/20

(21)Application number : 03-028561

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL  
MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 22.02.1991

(72)Inventor : KISHI ATSUSHI  
OKAMOTO NOBUHISA  
HIRAHATA NAMI  
HORIGUCHI AKINORI  
ABE SATOYUKI  
NAGAMURA YASUKAZU  
SADOYAMA AHEI

(30)Priority

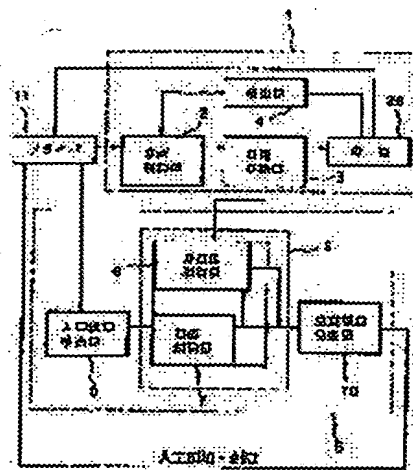
Priority number : 40214813 Priority date : 06.06.1990 Priority country : JP

## (54) HUMAN MACHINE SYSTEM

### (57)Abstract:

PURPOSE: To artificially humanize a machine by detecting human sensitivity and, according to this state, adapting and non-adapting the mechanical function of the machine to the human sensitivity.

CONSTITUTION: A vehicle control part 1 detects a road environment and, according to this, controls the vehicle characteristics to the optimum running state. A false human reaction producing part 5 consisting of a human state detecting part 9 for estimating the physiological and psychological states of driver at real time, a stimulation control part for determining the indicated pattern of human reaction to driver, and a sense stimulation generating part 10 for generating a stimulation to a driver 11 on the basis of the instruction from the stimulation control part 6 detects the state of the driver 11 and produces a massage according to this state. The stimulation control part 6 is formed of an adaptable control part 7 and a non-adaptable control part 8, and the adaptable control part 7 conducts adaptable control so as to keep the driver in the optimum physiological and psychological states at real time at the time of generating the stimulation.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-250171

(43) 公開日 平成4年(1992)9月7日

(51) IntCl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A 6 1 M 21/00				
A 6 1 B 5/16	3 0 0	8932-4C		
G 0 6 F 15/20	D	7218-5L		
		7831-4C		
			A 6 1 M 21/00	3 3 0 B

審査請求 未請求 請求項の数11(全 34 頁)

(21) 出願番号 特願平3-28561

(22) 出願日 平成3年(1991)2月22日

(31) 優先権主張番号 特願平2-148132

(32) 優先日 平2(1990)6月6日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(74) 上記1名の復代理人 弁理士 大塚 康德 (外2名)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 岸 篤秀

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74) 復代理人 弁理士 大塚 康德 (外1名)

最終頁に続く

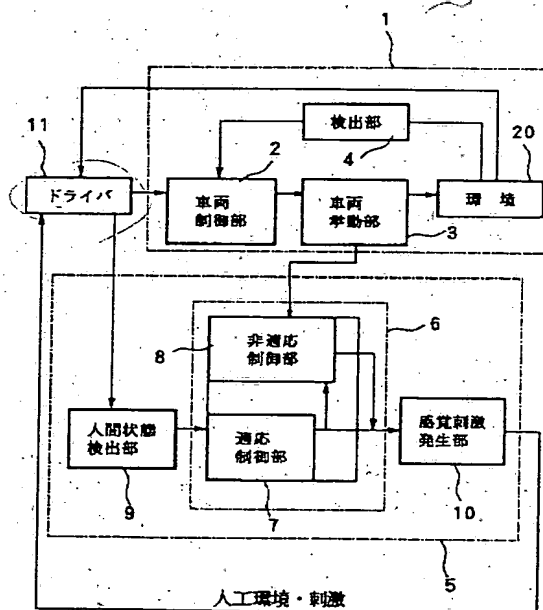
(54) 【発明の名称】 ヒューマンマシンシステム

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 人間の感性を検出し、その状態に応じてマシンの機械機能を人間の感性に適合させたり、非適合させることでマシンの疑似人間化を図る。

【構成】 車両制御部1にて道路環境を検知して、それに応じて車両特性を最適走行状態に制御し、また、ドライバの生理、心理状態をリアルタイムに推定する人間状態検出部9、ドライバに対する人間的反応の呈示パターンを決定する刺激制御部6、そして刺激制御部6からの指令に基づきドライバ11に対する刺激を生成する感覚刺激発生部10とからなる疑似人間反応生成部5にてドライバ11の状態を検知して、その状態に応じたメッセージを生成する。この刺激制御部6は、適応制御部7、及び非適応制御部8からなり、適応制御部7は、刺激生成に際してリアルタイムにドライバを最適な生理、心理状態に保つよう適応制御する。

第2図



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 外部環境を検知する環境検知手段を備えたヒューマンマシンシステムであつて、人間の感性に応じて、人間が該ヒューマンマシンシステムに対して疑似人間的であると感じるよう該ヒューマンマシンシステムの機能を制御する制御手段を備えることを特徴とするヒューマンマシンシステム。

【請求項2】 制御手段は、人間の生理、あるいは心理状態を検出する第1の検出手段と、該生理、あるいは該心理状態が快適となるようヒューマンマシンシステムの機能を制御する第1の制御手段とを備えることを特徴とする請求項第1項に記載のヒューマンマシンシステム。

【請求項3】 制御手段は、人間の生理、あるいは心理状態を検出する第1の検出手段と、該生理、あるいは該心理状態が不快となるようヒューマンマシンシステムの機能を制御する第2の制御手段とを備えることを特徴とする請求項第1項に記載のヒューマンマシンシステム。

【請求項4】 制御手段は、人間の生理、あるいは心理状態を検出する第1の検出手段と、該生理、あるいは該心理状態が快適、あるいは不快となるようヒューマンマシンの機能を制御する第3の制御手段とを備えることを特徴とする請求項第1項に記載のヒューマンマシンシステム。

【請求項5】 制御手段は、人間の覚醒度を検出する覚醒度検出手段と、該覚醒度に応じてヒューマンマシンシステムの機能を制御する第4の制御手段とを備えることを特徴とする請求項第1項に記載のヒューマンマシンシステム。

【請求項6】 覚醒度検出手段は、脳波を検出する手段と、検出した脳波のパワー量、及びパワーデータを算出する手段と、刺激を提示し、刺激に対する反応時間を検出する手段と、脳波のパワー量と反応時間との相関を解析して、覚醒度推定パラメータを算出する手段と、覚醒度推定パラメータとパワーデータとから覚醒度を算出する手段とを備えることを特徴とする請求項第5項に記載のヒューマンマシンシステム。

【請求項7】 覚醒度検出手段は、脳波を検出する手段と、検出された脳波の時系列データに周波数分析を施す手段と、周波数上のレベルのピークを検出して覚醒リズム周期を算出する手段とを備えることを特徴とする請求項第6項に記載のヒューマンマシンシステム。

【請求項8】 覚醒度検出手段は、刺激を提示する手段と、提示した刺激に対する反応時間検出する手段と、反応時間の時系列データに周波数分析を施す手段と、周波数上のレベルのピークを検出して覚醒リズム周期を算出する手段とを備えることを特徴とする請求項第6項に記載のヒューマンマシンシステム。

【請求項9】 覚醒度検出手段は、まばたき頻度を検出する手段と、刺激を提示し、刺激に対する反応時間検出する手段と、まばたき頻度と反応時間との相関を解析

2

して、覚醒度推定パラメータを算出する手段と、覚醒度推定パラメータとまばたき頻度とから覚醒度を算出する手段とを備えることを特徴とする請求項第5項に記載のヒューマンマシンシステム。

【請求項10】 覚醒度検出手段は、心拍数を検出する手段と、刺激を提示し、刺激に対する反応時間検出する手段と、心拍数と反応時間との相関を解析して、覚醒度推定パラメータを算出する手段と、覚醒度推定パラメータと心拍数とから覚醒度を算出する手段とを備えることを特徴とする請求項第5項に記載のヒューマンマシンシステム。

【請求項11】 制御手段は、人間の覚醒度を検出する覚醒度検出手段と、人間の生体の活動情報を計測する計測手段と、該活動情報に応じて、人間に外敵刺激を発する刺激呈示手段と、該覚醒度に応じて、該刺激呈示手段制御し、人間の覚醒状態を維持する覚醒維持手段とを備えることを特徴とする請求項第1項に記載のヒューマンマシンシステム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はヒューマンマシンシステムに関し、例えば、自動車とドライバとの関係においてドライバの感性に働きかけるマン・マシン・システムであるヒューマンマシンシステムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 人間は、単調な作業を長時間に渡り続けていると覚醒低下（注意力低下）を引き起こし、しばらくするとまた覚醒状態に回復する。このような覚醒と低覚醒状態を繰り返す覚醒のリズムについては、感覚的に漠然と自覚できても定量的に計測する方法は明らかにされていない。

【0003】 従来、長時間に渡る人間のリズムに関するものとして睡眠と活動を約24時間周期で繰り返すサーカディアン・リズムがよく知られているが、これは人間の生命活動に関する長時間のリズムであつて、緊張状態から覚醒低下状態までの10分程度から数時間という時間スケールでの覚醒に関するリズムを示すものではない。また、一般に人間の注意力の持続は、心理学的に20分から30分程度と言われているが、更に時間を追つて数時間の現象として見たとき人間はどうなるかということとは明らかにされていない。

【0004】 従来より、例えば運転時における居眠り運転検出装置として、特開昭55-164529号に開示されるように、ステアリングの操舵状態の乱れや応答速度が遅れるという事実に基づいて居眠りを検出し、運転者に警報を与える居眠り運転検出装置が知られている。マン・マシン・システムは、自動車とドライバ、あるいはコンピュータとユーザーとの関係に代表されるように、ユーザーがマシンを使いこなすことに喜びを感じることができるシステム設計が重要となる。

【0005】近年、自動車業界では、電子制御技術を駆使してドライバの好み、技量、気持ちに応じてマシン機能を適応的に制御するもの考案されている。例えば、米国特許4,829,434には、個人の資質、気分、好み、生理、心理等のドライバの状態をドライバの挙動、車両の走行状態、環境から判断して、適応制御により車両特性を変更することが開示されている。この米国特許では、具体的な例として、車間距離、車速度、雨量を検出し、それらとあらかじめ蓄積したデータとの比較、判定結果から、軽快な走行を好むドライバにはオートマチックトランスミッションのシフトパターンをパワーモードにし、心地よい走行を好むドライバにはエコノミーモードに切り替える機構を挙げている。

#### 【0006】

【発明が解決しようとしている課題】近年、こうした覚醒低下の時間特性を定量的に知って覚醒低下を防止する技術の必要性が高まり、例えば、自動車メーカーの開発段階での車両の長時間テスト走行においてテスト・ドライバは過酷な単調運転を要求される。こうした状況下でドライバを襲う覚醒低下状態（居眠りではなくても判断の鈍った状態）は、ドライバが起こす事故の原因になるものと考えられる。

【0007】上述の特開昭55-164529号に示された運転時における居眠り運転検出装置は、運転者が居眠り状態、若しくはその直前の状態になつて初めて覚醒度の低下を検知し警報を発するため、手遅れになつてしまう恐れがある。また、上記従来の電子制御技術に基づく車両では、ドライバの感性に適合する適応制御が達成されるとき、ドライバ側から見ると、以下のような問題が生じる。

【0008】(1)機械の知的能力がドライバの能力より優れ、制御がドライバ特性に適合しすぎることにより、本来ドライバが判断、処理すべき作業まで機械が代行してしまうことで、ドライバは主体的に車両を制御する意欲を失い、その結果ドライバの運転技量の低下を生じるので、事故が発生しやすくなる。言い換えれば、適応制御を行なう車両では、その適応制御により車両特性が、ドライバの運転操作に影響を及ぼす程変えてしまうため、ドライバ自身がその特性の変化を感じとり、ドライバとしては、特性の変化した車両の運転を強いられる。

【0009】(2)車両の高度な知的適応性に対し、ドライバは冷たさやつまらなさを感じ、ドライバにとり車両は無機的なものに思えて、運転する喜びや車両に対する親和感を喪失させる。本発明はかかる点に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、知性のみが強調されたマシンに対し、人間的感情機能を同時に付加して疑似人間化が促進されたマシンを提供し、他方、ドライバには、この疑似人間化したマシンとの相互作用を楽しませることで運転意欲の向上を図ることである。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は上述の課題を解決することを目的としてなされたもので、上述の課題を解決するための手段として、以下の構成を備える。即ち、外部環境を検知する環境検知手段を備えたヒューマンマシンシステムであつて、人間の感性に応じて、人間が該ヒューマンマシンシステムに対して疑似人間的であると感じるよう該ヒューマンマシンシステムの機能を制御する制御手段とを備える。

【0011】好ましくは、制御手段は、人間の生理、あるいは心理状態を検出する第1の検出手段と、該生理、あるいは該心理状態が快適となるようヒューマンマシンシステムの機能を制御する第1の制御手段とを備える。また、好ましくは、制御手段は、人間の生理、あるいは心理状態を検出する第1の検出手段と、該生理、あるいは該心理状態が不快となるようヒューマンマシンシステムの機能を制御する第2の制御手段とを備える。

【0012】さらに好ましくは、制御手段は、人間の生理、あるいは心理状態を検出する第1の検出手段と、該生理、あるいは該心理状態が快適、あるいは不快となるようヒューマンマシンシステムの機能を制御する第3の制御手段とを備える。また、好ましくは、制御手段は、人間の覚醒度を検出する覚醒度検出手段と、該覚醒度に応じてヒューマンマシンシステムの機能を制御する第4の制御手段とを備える。

【0013】好ましくは、覚醒度検出手段は、脳波を検出する手段と、検出した脳波のパワー量、及びパワーデータを算出する手段と、刺激を提示し、刺激に対する反応時間を検出する手段と、脳波のパワー量と反応時間との相関を解析して、覚醒度推定パラメータを算出する手段と、覚醒度推定パラメータとパワーデータとから覚醒度を算出する手段とを備える。

【0014】好ましくは、覚醒度検出手段は、脳波を検出する手段と、検出された脳波の時系列データに周波数分析を施す手段と、周波数上のレベルのピークを検出して覚醒リズム周期を算出する手段とを備える。また、好ましくは、覚醒度検出手段は、刺激を提示する手段と、提示した刺激に対する反応時間を検出する手段と、反応時間の時系列データに周波数分析を施す手段と、周波数上のレベルのピークを検出して覚醒リズム周期を算出する手段とを備える。

【0015】さらに好ましくは、覚醒度検出手段は、まばたき頻度を検出する手段と、刺激を提示し、刺激に対する反応時間を検出する手段と、まばたき頻度と反応時間との相関を解析して、覚醒度推定パラメータを算出する手段と、覚醒度推定パラメータとまばたき頻度とから覚醒度を算出する手段とを備える。また、好ましくは、覚醒度検出手段は、心拍数を検出する手段と、刺激を提示し、刺激に対する反応時間を検出する手段と、心拍数と反応時間との相関を解析して、覚醒度推定パラメータ

を算出する手段と、覚醒度推定パラメータと心拍数とから覚醒度を算出する手段とを備える。

【0016】そして、好ましくは、制御手段は、人間の覚醒度を検出する覚醒度検出手段と、人間の生体の活動情報を計測する計測手段と、該活動情報に応じて、人間に外敵刺激を発する刺激呈示手段と、該覚醒度に応じて、該刺激呈示手段制御し、人間の覚醒状態を維持する覚醒維持手段とを備える。

【0017】

【作用】以上の構成において、人間の感性を検出し、その状態に対してヒューマンマシンシステムの機械機能を人間の感性に適應させたり、非適應にさせたりする。

【0018】

【実施例】【発明の概要説明】＜発明の基本機能＞本発明のヒューマンマシンシステムは、従来の適應型システムに対して、

(1) ドライバの主体的な運転行為を促進するため、制御システム自体がドライバの運転行為に直接影響を与えることはない。

(2) ドライバと車両との親和性を促進するため、車両の疑似人間化を図っている。という指針に基づくものである。

【0019】そのため、本発明のヒューマンマシンシステムは、マン・マシン・システムとして下記の基本機能を有する。

(1) 適應型機能

ドライバの感性を検出し、その状態に対してドライバが快適となるよう物理要素、制御特性、環境等、機械の持つ機能を感性に適應させる機能。

【0020】尚、ここでの感性の検出とは、人間の生理量、心理量、行動から人間の状態を定量的に測ることができる指標を作り、その結果を用いて人間状態を推定することを意味する。また、快適の計測は、人間の生理、心理状態に合致する評価指標を生理量、行動量（行動を表わす量）から作り、それに基づいて人間の生理、心理状態を推定することにより行なう。快適性の実現のためには、人間に刺激を呈示し、その刺激に対する効果を指標を用いて評価して、人間が最も快適な状態となるように刺激量を制御するという手法を使う。所謂、覚醒度のバイオフィードバックの考え方は、この実現方法に含まれる。

(2) 非適應型機能

ドライバの感性を検出し、その状態に対してドライバが不快となるよう物理要素、制御特性、環境等、機械の持つ機能を感性に非適應とする機能。

(3) 疑似人間型機能

ドライバの感性を検出し、その状態に対して物理要素、制御特性、環境等の機械機能をドライバの感性に適應させたり、あるいは非適應にすることで、ドライバに対して機械が意志や感情を持つているという錯覚を感じさせ

る機能。

＜制御対象＞本発明のヒューマンマシンシステムの制御対象は、人間の感性としての視覚、聴覚、触覚、加速感や重力感等の前庭感覚や、覚醒度、興奮度、緊張度という気分、さらに喜怒哀楽といった感情、運転による疲労、物に対する愛着、飽き、そして、高度な次元の感性としての愛情、憎悪、価値観、倫理観、美意識という思想、ドライバの運転技量や癖のようなドライバの特徴としての挙動である。

【0021】制御対象とする機械機能は、ドライバの作業である運転に直接影響を与える機能を制御するものではない。つまり制御対象とする機能は、目的とする作業に対しては間接的な機械機能であり、作業に対しては直接影響を与えない。例えば、ドライバの技量により車両の操舵特性を変更することは、その変更によつてドライバが運転することに大きな影響を受けるので直接的な制御と言える。但し、操舵特性を変更してドライバがその変更を感知できても、それがドライバの運転に影響がない範囲のものであれば間接的な制御である。

【0022】間接的に影響を与える機械機能としては、感覚的、あるいは心理的に直接人間に働きかける音、振動、空調による熱、送風量、照度等の環境刺激がある。

＜発明の基本構成＞本発明のヒューマンマシンシステム（以降、ヒューマン・ミメテック・マシン（Human Mimetic Machine、HMMと略す）と呼ぶ）は、ドライバに対して、マシンの反応を通してその反応が人間的な意志を持つて働きかけたものであるように感じさせるよう構成されている。そこで、人とマシンとの相互作用を表現するために、人間同志の間で行なわれている意志伝達のパターンを人とマシンの間において実現する。

【0023】相互にメッセージを交換し合う親しい人間同志の關係に似た關係、つまり、人間は、親しい人との交流を通じて最も心理的な満足を得るという心理現象をマン・マシン・システムの中に実現することが、上述の課題を解決することになる。図1は、親しい人間間の交流を観察して得た相互作用のパターンを示す。同図において、気配りの反応とは、常に相手の状態や反応に最大限の注意を払うことであり、性格的の反応とは、気配りをしながらも自己の意志や主張を持つて対応することを意味する。また、感情的の反応とは、時には感情を優先させた自己中心的な反応であり、服従的の反応とは、尊敬する人間にはできるだけ従おうとする反応である。

【0024】本発明のHMMは、これらの観察に基づき、マシンがドライバの働きかけに対して気配りを感じさせる反応を返しながら、時として感情的、かつ性格的の反応をも返すことで、ドライバに人間らしさを感じさせるものである。図2は、本発明のHMMの構成を示すブロック図である。同図に示すHMMは、道路環境を検知して、それに応じて車両特性を最適走行状態に制御する車両制御部1と、ドライバ11の状態を検知して、その

状態に応じたメツセージを生成する疑似人間反応生成部5からなる。

【0025】車両制御部1は、ドライバの操作と道路環境に応じた最適な車両挙動を実現するもので、外部環境に対して車両が適応するための制御、例えば、ABSや四輪駆動(4WS)がこれに相当する。疑似人間反応生成部5は、人間らしい反応をドライバに返すために車両環境を制御するものである。ここでは、車両の反応にてドライバの生理状態や心理状態に働きかけて、生理状態を最適なものに制御したり、心理的満足感を感じさせるため、ドライバの状態に対するドライバへのメツセージ伝達のみを行なう。この疑似人間反応生成部5は、ドライバの生理、心理状態をリアルタイムに推定する人間状態検出部9、ドライバに対する人間的反応の呈示パターンを決定する刺激制御部6、そして刺激制御部6からの指令に基づき、ドライバ11に対する刺激を生成する感覚刺激発生部10からなる。

【0026】刺激制御部6は適応制御部7、及び非適応制御部8からなり、車両挙動部3から信号を受けて、適応制御部7は、刺激生成に際してリアルタイムにドライバを最適な生理、心理状態に保つよう適応制御するために感覚刺激発生部10に指令を出す。また、非適応制御部8は、長期間の車両挙動運動履歴情報の蓄積をもとに不定期に適応制御部7の感覚刺激発生部10に対する指令に割り込みをかける。そして、規範的に定められた刺激発生ルールに基づいて刺激を選択し、ドライバにとって非適応的な刺激を生成するよう感覚刺激発生部10に指令を出す。但し、刺激としては、車両の操舵特性を直接制御するものではなく、車両室内の音響、振動、香り、空調環境のような車両走行に直接関与しない刺激である。

【0027】適応制御部7の動作によりドライバ11に対して気配り的な反応を表現し、適応制御部7が非適応制御部8に対してマスターとして動作することで服従的な反応を表現する。そして、非適応制御部8のドライバ11に対する反応のルール郡を調整することにより性格的な反応と感情的反応を表現する。非適応制御部8が長期の車両挙動運動履歴情報を蓄積するのは、人間間の交流において、長期間のつきあいによる過去の出来事の記憶が、現在の相手との交流における心理的關係に影響することを表現するためである。例えば、高速道路における運転のように、長時間での性能上限での運転が持続した場合、ドライバに運転の中止を促すメツセージを車両環境を制御することで感じさせることが挙げられる。

【0028】本発明のHMMでは、疑似人間反応生成部5は車両制御部1に直接影響を与えることはなく、車両制御部1は車両の制御に専念する。そして、車両挙動の制御に関しては、ドライバの生理、心理状態に応じて直接制御せず、積極的にドライバの意志に委ねている。これは、車両を運転する喜びは、ドライバ自身で車両を制

御するという主体的な行為自体に存在するという思想に基づくものである。つまり、本HMMでは、人間に直接影響する環境刺激のみでドライバの生理、心理に働きかけ、ドライバに車両挙動に合った運転操作を教示し、同時にその教示に適当な環境を作り出している。

【0029】次に、本発明に係る好適な実施例を詳細に説明する。

＜第1実施例＞図3は、本発明の第1の実施例に係るHMMの全体構成を示すブロック図である。同図において、車両制御部2は、ドライバ11の操作と検出部4が検出した環境20からの道路環境に応じて、車両挙動部3に対して最適な車両挙動を実現するよう制御するものである。この車両挙動部3からは、刺激制御部6の中央制御部(CPU)15に車両挙動として後述する車体歪Rが出力される。

【0030】人間状態検出部9は、ドライバの生理、心理状態をリアルタイムに推定するもので、ドライバ11の人間状態を検出するために設けた指先容積脈波検出器13からの脈波を平滑する平滑化回路21、及びその結果をもとに、後述する人間の状態量を得るための演算を行なう演算部22よりなる。刺激制御部6は、適応制御部7、非適応制御部8、及びそれらを制御する中央制御部(CPU)15からなり、適応制御部7は、刺激生成に際してリアルタイムにドライバを最適な生理、心理状態に保つよう適応制御するために感覚刺激用車両制御部12に指令を出す。また、非適応制御部8は、長期間の車両挙動運動履歴情報の蓄積をもとに不定期に適応制御部7の感覚刺激用車両制御部12に対する指令に割り込みをかける。

【0031】感覚刺激用車両制御部12は、刺激制御部6から指令を受け、刺激制御部6にて決定されたドライバに対する人間的反応の呈示パターンに基づきドライバ11に対して刺激を生成する。図4は、刺激制御部6を構成するCPU15周辺の詳細構成を示すブロック図である。同図において、CPU15は車両挙動部3からA/D変換部18を介して車体歪Rを受け、同時に人間状態検出部9からA/D変換部19を介して人間の状態量Hを受ける。CPU15は、これらの入力をもとに、後述する感覚刺激発生制御パラメータIを発生する。

【0032】図5は、車両挙動部3における車体歪Rの算出方法を説明するための図である。同図において、車体31の下部に設置されたストレインゲージ32は、x方向の歪 $S_x$ 、及びy方向の歪 $S_y$ を検出する。歪算出回路33は、ストレインゲージ32での歪検出結果から $S_x$ 、及び $S_y$ の2乗平均を求め、その値を車体歪Rとして刺激制御部6に出力する。

【0033】図6は、人間状態検出部9におけるドライバの人間状態の検出方法を示す図である。ここでは、指先容積脈波検出器13にて得られた電圧波形としての脈波(図6の(a))を処理することで、ドライバ11の

9

イライラやビックリ度の指標Hを算出する。図6の(b)は、図6の(a)に示した脈波を平滑化回路21にて平滑した波形を示しており、脈波の特徴的な変化であるイライラやビックリにより、その振幅が減少して形成される三角形の部分抽出される。

【0034】この平滑後の波形に対して、下記の式(1)による演算を行なうことで人間の状態量Hを得\*

$$H = \frac{1}{t} \int_T^{T+t} V^*(t) dt \quad \dots (1)$$

【0036】図7は、人間の状態量Hと感覚刺激発生制御パラメータIとの関係を示すマップであり、図7の(a)は、人間の状態量Hと適応制御部7にて算出される感覚刺激発生制御パラメータIとの関係を示すもので、状態量Hの値が大きくなる程、パラメータIの値が小さくなるという特性を有する。また、図7の(b)は、人間の状態量Hと非適応制御部8にて算出される感覚刺激発生制御パラメータI'との関係を示すもので、図7の(a)とは逆に状態量Hの値が大きくなる程、パラメータI'の値も大きくなる特性を有する。

【0037】次に、本実施例における感覚刺激発生制御パラメータI、I'を算出する手順を説明する。図8は感覚刺激発生制御パラメータI、I'を算出するためのメインルーチンを示すフローチャートであり、ステップS1aで、適応制御部7は人間状態検出部9にて得られた人間の状態量Hを入力し、ステップS1bで、図7の(a)に示すマップを参照して対応する感覚刺激発生制御パラメータIを算出する。ステップS2で、後述する割り込みが発生したか否かを判定し、割り込みがなければステップS3に進んで、感覚刺激用車両制御部12にIを出力して快適な運転が行なえるようにする。

【0038】しかし、ステップS2で割り込みが発生したと判断されたときは、ステップS5で感覚刺激発生制御パラメータI'を算出する。このI'の算出は、図7の(b)に示すマップを参照して行なう。そして、ステップS6でパラメータIをI'に置き換えた後、Iを出力するステップS3に進む。ステップS4では、パラメータIを出力した効果を見るため待ち時間T<sub>1</sub>を設け、T<sub>1</sub>経過後、再びステップS1に戻る。

【0039】図9に示すフローチャートは、図8のステップS2における割り込み発生ルーチンを示す。同図において、CPU15は、ステップS10で車両挙動部3から車体歪Rを入力し、次のステップS11で車両が悪路を走行しているか否かを判断する。ここでは、図10に示すように、車両挙動部3にて算出した車体歪Rの値が、所定値R<sub>1</sub>以上となる時間が所定時間t<sub>1</sub>秒を越えたとき、悪路走行中であると判断する。

【0040】ステップS11での判断がYESであれば、ステップS12に進み、連続してn回以上パラメータI'が出力されたかどうかの判定をする。この判定結果がYESであれば、非適応制御が一定時間以上連続し

10

\*る。演算の結果、図6の(c)に示す波形が得られ、Hの値が大きい程、人間がイライラやビックリしている状態にあり、逆にその値が小さい程、沈黙していることを示す。

【0035】

【数1】

ているとし、何らかの理由でドライバが休めない状態にあると判断してステップS13に進み、ステップS11での悪路判断を取り消して適応制御を行なう。しかし、ステップS12での判断がNOであれば、車体に負担をかける程度の悪路走行を一定時間以上続けているにも拘らず、適応制御が行なわれていることになるので、ステップS14にて割り込みを発生させる。よって、上述の図8のステップS2での判断がYESとなり、非適応制御が行なわれるので、イライラやビックリ度を増す方向に制御され、ドライバ11は運転への意欲が削がれる結果、休憩を促されることになる。

【0041】図11は、感覚刺激用車両制御部12の内部構成を示すブロック図である。同図において、コントローラ34は、刺激制御部6から感覚刺激発生制御パラメータIを受け、その値に応じて可変フィルタ26の特性を選択するフィルタ制御信号Fを算出する。可変フィルタ26には、ホワイトノイズジェネレータ25からのホワイトノイズWが常に入力されており、Fの値に従ったフィルタ特性でフィルタリングされた信号W'を出力する。この信号W'は、A/D変換部30にてデジタル信号に変換された後、信号W''としてコントローラ34に入力される。

【0042】可変フィルタ26は、図12に示すように1/f特性を有し、パラメータIの値が大きくなるに従い信号W'は、ホワイトノイズから1/f<sup>n</sup>ノイズ(nは1以上の実数で、1~2の間の値を使用するのが望ましい)に変化する。コントローラ34は、さらに、後述する加振ゆらぎ制御信号Vを算出し、加振制御部29は、この加振ゆらぎ制御信号Vとエンジン回転信号RPMとに応じてドライバ11が座るシート27の下部に設けられた加振器28に信号を送る。その結果、シート27は、後述する所定の周波数にて加振される。

【0043】図13は加振器28がシート27を加振する周波数特性を示すマップであり、同図(a)は、エンジン回転信号RPMと基本加振周波数ωとの関係を示している。また、同図(b)は、加振ゆらぎ制御信号Vと加振周波数のゆらぎΔωとの関係を示している。シート27は、上述のように加振制御部29から出力される加振ゆらぎ制御信号Vとエンジン回転信号RPMとにそれぞれ対応するωとΔωとの和に応じて変化する周波数にて加振される。

11

【0044】結局、感覚刺激用車両制御部12は、刺激制御部6からの感覚刺激発生制御パラメータIに応じて運転席を支持する加振器28を駆動するので、ドライバには振動刺激が与えられ、そのイライラやビックリ度を制御することができる。図14は、コントローラ34における加振ゆらぎ制御信号Vとフィルタ制御信号Fとを算出する手順を示すフローチャートである。同図のステップS15では、コントローラ15は刺激制御部6からの感覚刺激発生制御パラメータIをもとに、図12に示す $1/f$ 特性マップからフィルタ特性を決定し、その特性に対応するフィルタ制御信号Fを算出して、ステップS16でその信号Fを出力する。

【0045】コントローラ34は、ステップS17で上述のA/D変換部30からの出力信号W'をもとに加振ゆらぎ制御信号Vを算出し、続くステップS18で加振制御部29に信号Vを出力する。ステップS19では、前回の処理でフィルタ制御信号Fを算出してから時間T<sub>i</sub>が経過したかの判定をする。ここで時間T<sub>i</sub>が経過していないと判定されたときは、ステップS17に戻って加振ゆらぎ制御信号Vの算出を行なうが、所定時間の経過が確認された場合は、ステップS15に戻って再びフィルタ制御信号Fの算出を行なう。

【0046】図15は、実施例に係るHMMにおける人間状態とシートの振動周波数との関係を示している。同図において、HMMの人間状態検出部9が、ドライバのイライラ、ビックリの程度をもとに適応制御をするときは、 $1/f^n$ 型(nは1以上の実数で、1~2の間の値を使用するのが望ましい)のシート振動周波数のゆらぎを与え、ドライバが沈静状態にあるときは、ホワイトノイズ型のゆらぎを与える。また、非適応制御のときは、適応制御とは逆のシート振動周波数のゆらぎを与える。

【0047】以上説明したように、本実施例によれば、ドライバのイライラ、ビックリの度合いを指先容積脈波を用いて検出し、車両挙動としては車体歪を検出して、それらの値に応じたシートゆらぎ振動を刺激として使用して適応制御を行なうことでドライバが快適な運転を行なえるようにし、また、悪路走行が続いたと判定したときは、所定のシートゆらぎ振動を刺激として使用して非適応制御を行ない、ドライバに休息を促すことができるという効果がある。

<第2実施例>本発明に係る第2の実施例について説明する。尚、本実施例に係るHMMの全体構成は、図3に示した第1の実施例に係るHMMと同じであるため、その説明は省略する。

【0048】図16は、HMMの刺激制御部6を構成するCPU15周辺の詳細構成を示すブロック図である。同図において、CPU15は車両挙動部3からA/D変換部18を介して車速Vを受け、同時に人間状態検出部9からA/D変換部19を介して人間の状態量Hを受ける。CPU15は、これらの入力をもとに感覚刺激発生

12

制御パラメータIを発生する。

【0049】尚、本実施例における人間状態検出部9でのドライバの人間状態の検出方法、及び人間の状態量Hと感覚刺激発生制御パラメータIとの関係は、第1実施例における検出方法(図6)、及び状態量HとパラメータI、I'との関係(図7)と同じである。次に、本実施例における感覚刺激発生制御パラメータI、I'を算出する手順を説明する。

【0050】本実施例におけるパラメータ算出のメインルーチンは、図8に示した第1実施例におけるパラメータ算出手順と同じであるため、ここでは、割り込み発生ルーチンについてのみ説明する。図17は、本実施例に係る割り込み発生ルーチンを示し、ステップS21で、CPU15は車両が渋滞に陥っているか否かを判断する。ここでは、図18に示すように、車両挙動部3にて車速Vが、ある一定車速V<sub>1</sub>以下となる時間が所定時間t<sub>1</sub>秒以上続くと、渋滞であると判断する。

【0051】ステップS21での判断がYESであれば、ステップS22に進み、連続してn回以上パラメータI'が出力されたかどうかの判定をする。この判定結果がYESであれば、非適応制御が一定時間以上連続しているとし、何らかの理由でドライバが休めない状態にあると判断してステップS23に進み、ステップS21での渋滞判断を取り消して適応制御を行なう。しかし、ステップS22での判断がNOであれば、渋滞が一定時間以上継続されているにも拘らず、適応制御が行なわれていることになるので、ステップS24にて割り込みを発生させる。

【0052】この処理により、図8のステップS2での判断がYESとなり、非適応制御が行なわれるので、イライラやビックリ度を増す方向に制御され、ドライバ11は運転への意欲が削がれて休憩を促されることになる。図19は、本実施例のHMMの感覚刺激用車両制御部12の内部構成を示すブロック図である。同図において、コントローラ34は、刺激制御部6から感覚刺激発生制御パラメータIを受け、その値に応じて可変フィルタ26の特性を選択するフィルタ制御信号Fを算出する。可変フィルタ26には、ホワイトノイズジェネレータ25からのホワイトノイズWが常に入力されており、Fの値に従ったフィルタ特性でフィルタリングされた信号W'を出力する。この信号W'は、A/D変換部30にてデジタル信号に変換された後、信号W''としてコントローラ34に入力される。

【0053】可変フィルタ26は、第1実施例と同様、図12に示すような $1/f$ 特性を有し、パラメータIの値が大きくなるに従い信号W'は、ホワイトノイズから $1/f^n$ ノイズ(nは1以上の実数で、1~2の間の値を使用するのが望ましい)に変化する。コントローラ34は、後述するように信号W''をもとに燃料噴射コントロール信号Eを算出し、その算出結果をEGIコントロ



ールユニット35に送る。そして、燃料噴射装置36は、EGIコントロールユニット35からの制御信号に従い燃料噴射を行なう。

【0054】図20は、燃料噴射コントロール信号EとEGIコントロールユニット35から燃料噴射装置36に送られる燃料制御信号との関係を示すマップである。同図(a)は、燃料噴射コントロール信号Eと燃料噴射量との関係を示し、(b)は、燃料噴射コントロール信号Eと噴射間隔との関係を示している。同図における安全許容域とは、燃料の噴射量や噴射間隔のゆらぎ量が適正值に対して極端に変化するのを避けるために設けたもので、操舵特性等、運転に影響を与える程、大きな値はとらない。

【0055】HMMの感覚刺激用車両制御部12は、刺激制御部6からの感覚刺激発生制御パラメータIに応じて燃料噴射量、あるいは噴射間隔のゆらぎを制御することでエンジン出力が制御され、ドライバにはエンジン出力のみならずエンジン音、振動という刺激が与えられるので、そのイライラやビックリ度を制御することができる。

【0056】図21は、コントローラ34における燃料噴射コントロール信号Eとフィルタ制御信号Fとを算出する手順を示すフローチャートである。同図のステップS25では、コントローラ15は刺激制御部6からの感覚刺激発生制御パラメータIをもとに、図12に示す1/f特性マップからフィルタ特性を決定し、その特性に対応するフィルタ制御信号Fを算出して、ステップS26でその信号Fを出力する。

【0057】コントローラ34は、ステップS27で上述のA/D変換部30からの出力信号W<sup>1</sup>をもとに燃料噴射コントロール信号Eを算出し、続くステップS28で加振制御部29に信号Eを出力する。ステップS29では、前回の処理でフィルタ制御信号Fを算出してから時間T<sub>1</sub>が経過したかの判定をする。ここで時間T<sub>1</sub>が経過していないと判定されたときは、ステップS27に戻って燃料噴射コントロール信号Eの算出を行なうが、所定時間の経過が確認された場合は、ステップS25に戻って再びフィルタ制御信号Fの算出を行なう。

【0058】図22は、本実施例に係るHMMにおける人間状態と燃料噴射のゆらぎとの関係を示している。同図において、HMMの人間状態検出部9が、ドライバのイライラ、ビックリの程度をもとに適応制御をするときは、1/f<sup>n</sup>型(nは1以上の実数で、1~2の間の値を使用するのが望ましい)の燃料噴射のゆらぎを与え、ドライバが沈黙状態にあるときは、ホワイトノイズ型のゆらぎを与える。また、非適応制御のときは、適応制御とは逆の燃料噴射のゆらぎを与える。

【0059】以上説明したように、本実施例によれば、ドライバのイライラ、ビックリの度合いを指先容積脈波を用いて検出し、車両挙動としては車速をもとに渋滞の

判断をして、それらの値に応じた燃料噴射のゆらぎにてエンジン出力やエンジン音、振動を刺激として使用して適応制御を行なうことでドライバが快適な運転を行なえるようにし、また、渋滞が一定時間以上続いたと判定したときは、所定の燃料噴射のゆらぎによる刺激を使用することで非適応制御を行ない、ドライバに休息を促すことができるという効果がある。

<第3実施例>以下、本発明に係る第3の実施例について説明する。

10 【0060】本実施例では、ドライバの覚醒度を検出して、その覚醒度に応じた刺激をドライバに呈示することでドライバを最適な覚醒状態に持続する。図23は、第3の実施例に係るHMMの全体構成を示す概略ブロック図である。同図において、車両制御部2は、ドライバ11の操作と検出部4が検出した環境20からの道路環境に応じて、車両挙動部3に対して最適な車両挙動を実現するよう制御する。

20 【0061】人間状態検出部9は、ドライバ11からの脳波をもとにドライバ11の覚醒状態を検出する。適応制御部7は、刺激生成に際してリアルタイムにドライバを最適な生理、心理状態に保つよう適応制御するために感覚刺激用車両制御部12に指令を出す。また、感覚刺激用車両制御部12は、適応制御部7からの指令を受けてドライバに対する人間的反応の呈示パターンに基づきドライバ11に対して刺激を生成する。

30 【0062】図24は、本実施例のHMMの詳細ブロック図であり、ここではドライバ11の頭部に電極2aを装着して電位差を計測することで、ドライバの脳波を測定するという手法をとる。このドライバ11の脳波は、生理計測用アンプ43に導かれて信号増幅を受け、A/D変換器44にてデジタル信号に変換された後、CPUb42に送られる。CPUb42では後述する覚醒度推定値Xが演算され、システム全体の制御、及び覚醒度制御用のCPUa41からの指令に従い、CPUa41にその瞬間での推定値Xを引き渡す。

40 【0063】CPUa41は覚醒度推定値Xを常に監視すると同時に、エンジンルーム54内に設けたマイクロホン46にてエンジン45のエンジン音を計測している。その計測されたエンジン音はA/D変換器47でデジタル信号に変換され、CPUa41に取り込まれる。CPUa41は、覚醒度推定値Xの値をもとにドライバが低覚醒状態にあると判断したときには、取り込んだエンジン音をD/A変換器51に送ってアナログ信号に変換すると共に、アンプ50にゲインコントロール信号を送り、その増幅度を制御する。そして、アンプ50は、CPU1aからの制御信号に従って増幅したエンジン音を、刺激としてスピーカ53を介してドライバ11に呈示する。このアンプ50の増幅度は、後述するように、CPUa41が、ドライバ11の耳元に設置した耳元マイク52にて拾ったスピーカ53からのエンジン

音出力レベルの監視結果に応じて決定する。

【0064】一方、CPU41が、ドライバ11が過緊張状態にあると判断したときには、香り呈示装置48を起動してドライバに沈静用の香りを呈示する。尚、ドライバ11は、本システムの駆動が長時間に及んで肉体的な疲労が蓄積したときに、自らが終了スイッチ49を操作してシステムの駆動を停止できるようになつてい

る。  
【0065】次に、本実施例のHMMにおける覚醒状態持続処理手順について説明する。図25は、実施例に係る最適覚醒度持続処理の手順を示すフローチャートである。同図において、ステップS31で、初期値として以下の値、パラメータ等の設定を行なう。

- (1) 最適覚醒度推定値  $R_{best}$
- (2) 緊張度限界値  $R_1$
- (3) 覚醒低下限界値  $R_2$
- (4) 許容制御覚醒度推定値幅  $R_{err1}$  (緊張度に対するもの)
- (5) 許容制御覚醒度推定値幅  $R_{err2}$  (低覚醒度に対するもの)
- (6) エンジン音の取り込み時間  $T_1$
- (7) スピーカ発生音量  $E$
- (8) 安全限界エンジン音量  $E_{safe}$
- (9) エンジンオン再生音率  $\Delta$
- (10) 安全限界カウンタ  $N_{safe-lim}$
- (11) 安全限界時のエンジン音再生時間  $T_{safe}$
- (12) 香り呈示限界回数  $N_{s-lim}$
- (13) 個人覚醒度推定パラメータ  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$
- (14) HMM駆動時間用カウンタ  $N_1$  (初期値を1にする)
- (15) HMM駆動時間上限カウンタ  $N_{1set}$

ここで、覚醒度と覚醒度推定値との関係を説明する。

【0066】図26は、覚醒度と覚醒度推定値との関係を図示したもので、両者は相互に単調増加の関係にある。覚醒度推定値が  $R_{best}$  のとき最適な覚醒状態にあるとし、 $R_{best}$  を中心に過緊張側に  $R_{err1}$ 、覚醒低下側に  $R_{err2}$  の範囲 (図中、斜線部) を定めた場合、覚醒度推定値がこの範囲内にあるとき、正常覚醒状態とする。

【0067】また、覚醒度推定値が  $R_1$  よりも大きいときを過緊張状態、 $R_2$  よりも小さいときを低覚醒状態とする。次のステップS32では覚醒度推定値  $X_1$  を取り込み、続くステップS33で、 $X_1$  が  $R_1$  よりも大きいか否か、即ち、過緊張状態にあるかどうかを判定する。ここでの判定がYESであれば、過緊張状態にあるとしてステップS36に進み、後述する過緊張対処処理を実行する。

【0068】しかし、ステップS33での判定がNOであれば、ステップS34で  $X_1$  が  $R_2$  よりも小さいか、

つまり低覚醒状態か否かを判定する。ここで低覚醒状態にないと判定されたときは、再びステップS32に戻つて覚醒度推定値  $X_1$  を取り込む。逆にステップS34で低覚醒状態にあると判定されたときはステップS35に進み、後述する低覚醒対処処理を実行する。

【0069】ステップS37ではHMM駆動時間用カウンタ  $N_1$  の値がHMM駆動時間上限カウンタ  $N_{1set}$  の値より大きいか否かを判定する。ここでの判定がNOであれば、最適覚醒度持続処理は設定した回数を実行していないということで、ステップS38でカウンタ  $N_1$  の値を1だけインクリメントした後、ステップS32に戻る。しかし、カウンタ  $N_1$  の値がカウンタ  $N_{1set}$  を越えているときは、ステップS37での判定はYESとなり、次のステップS39で、ドライバによる終了スイッチ49の押下を検出する。このスイッチ押下があれば、ドライバによるHMMの駆動停止の意志があつたとして本処理を終了する。

【0070】次に、本実施例のHMMにおいて脳波から覚醒度を数値として推定する方法について説明する。図27は、本実施例のHMMを構成するCPU42内の覚醒度推定部のブロック図である。ここでは、人間の覚醒度の度合を絶対的に定量化し、それに応じて振動、音、香り等の刺激をドライバに与えることにより、バイオフィードバック的にドライバの覚醒状態を一定水準に維持し、居眠りや過度の興奮状態に陥ることを防止する。

【0071】図27において、脳波検出部51aは被験者であるドライバ11の頭部に装着した電極2から脳波を検出し、不図示のアンプにより脳波を増幅する部分から構成される。脳波加工部52aは脳波検出部51aからの脳波信号を加工して覚醒の推定をしやすい物理量に信号処理する。即ち、脳波検出部51aにて増幅された脳波信号を後述するA/D変換器を介して取り込み、デジタル・フィルタ処理を施して脳波の  $\delta$  波 ( $1-3\text{Hz}$ )、 $\theta$  波 ( $3-6\text{Hz}$ )、 $\alpha$  波 ( $8-13\text{Hz}$ )、 $\beta$  波 ( $13\text{Hz}-30\text{Hz}$ ) の周波数帯域に分け、覚醒度評価に必要な物理量に加工する。

【0072】覚醒度推定部53aは、後述する覚醒度推定パラメータと脳波帯域データをもとに覚醒と関連の深い推定値を計算する。また、覚醒度判定部54aは、覚醒度推定部53aで推定された覚醒度合から、どの程度刺激を提示するかを判定する。そして、刺激提示部50aは、覚醒度判定部54aからの指示により、適当な刺激をドライバに提示したり、停止したりする。

【0073】本実施例の覚醒度推定部では、脳波及び反応時間をもとに覚醒度を推定し、その情報を用いて最適な刺激を運転者にバイオフィードバック的に与える。そこで、図28を参照して、本実施例に適用されたバイオフィードバックの概念について述べる。図28は心理学や人間工学でよく用いられる図で、縦軸は作業の効率、

または処理能力を表しており、運転時に限定するならば、目的とするハンドル操作や判断力に相当する。また、横軸は刺激量で視覚的刺激、聴覚的刺激、触覚的刺激、臭覚的刺激等を考えることができる。これらは運転時に例えると、前方の風景の流れ、車内の騒音や振動、あるいは臭いということになる。

【0074】図28のハッチング部Bは、刺激量がある量よりも増加してくるドライバは的確な操作をすることができなくなり、最終的にはパニック状態（過覚醒）に陥ることを意味している。例として、高速走行で車速を上げていつたとき、最終的には道路環境の変化についてゆくことができなくなつてハンドル操作不能に陥つたり、スピンが生じたときには回避できないというような状況を挙げることができる。

【0075】同図のハッチング部Aは、注意を要求する割に刺激が少ないために単調状態に陥り、覚醒低下を引き起こすことを意味している。この例として、高速道路のような単調運転時における覚醒低下のような状態がある。因に、従来の居眠り警報装置が狙っているのは、この領域に達したときにドライバに警報を与えることである。

【0076】以上の説明からわかるように、人間はある量以上の情報や環境変化に対応できないし、同様にある量以下の刺激量に対しては覚醒低下を起こす。このことから、安全装置として最も望ましいのは、人間個々により異なりはするが、その個人の最適な刺激量を明らかにし、その刺激量の近傍で生理状態に応じた有効な刺激を調節して与えることである。その状況を図28の中心部に、最適刺激量として示している。

【0077】本実施例では、人間の覚醒状態の検出とそれに応じた刺激を与えることにより、図28に示した最適覚醒状態の持続を達成することが原理的にできる。そこで最初に、覚醒度推定部53aにて覚醒度を算出する際のパラメータを決定する、覚醒度推定パラメータ決定装置について説明する。覚醒度推定パラメータ決定装置は、覚醒の度合と相関の高い反応時間と脳波を同時に計測し、得られた脳波データと反応時間データをもとに重回帰分析を行うことで覚醒度推定パラメータを決定するものである。

【0078】図29は覚醒度推定パラメータ決定装置の概略ブロック図である。同図は、この装置が人間の反応時間と脳波を同時に長時間に渡り計測している状況を示しており、得られた反応時間と脳波との相関を解析することにより推定パラメータを求めることができる。図29において、脳波処理部70は、被験者（ドライバ）11に装着した電極2からの脳波を計測し、反応時間計測部71は、被験者11が与えられた刺激に対して反応する時間を計測する。これらの計測結果をもとに、覚醒度推定パラメータ決定部72が被験者固有の覚醒度を推定する。

【0079】図30は、反応時間（選択反応時間）を計測する反応時間計測部71の構成を示すブロック図である。同図において、反応用刺激提示部30Aは、選択反応時間計測部35Aからの制御により被験者11に反応測定用の刺激を発生し、被験者11からの反応は、反応入力部31Aを介して選択反応時間計測部35Aに入力される。

【0080】選択反応時間計測部35Aは、装置全体の制御を司るCPU36aと各種データを格納する格納部から成る主制御部36A、及び反応用の刺激を提示する時刻を設定したり反応時間を測るためのタイマー37Aにより構成される。データ格納部としては、反応用の刺激を提示する時刻に関するデータを格納するための刺激提示時刻データ格納部36a、反応用の刺激パターンを格納するための刺激パターンデータ格納部36c、そして計測された反応時間を格納するための反応時間データ格納部36dがある。尚、これらの格納部には、記憶媒体としてディスク装置や半導体メモリを用いる。

【0081】反応用刺激提示部30Aは、被験者11に映像としての刺激を発生するCRT30a、刺激音を発生するスピーカ30b、そして振動体を内蔵して人体を圧迫するような触覚刺激を発生でき、被験者が容易に刺激に反応できるよう座ることができる着座部30cから構成される。一方、反応入力部31Aは、被験者11が刺激に対して指1cにて反応するためのボタン31a、音声にて反応するためのマイクロホン31bを有する。反応入力部31Aからの反応は、選択反応時間計測部35AのCPU36aを介して反応時間データとして反応時間データ格納部36dに格納される。

【0082】図31は反応時間の計測状況として、反応用刺激提示部にCRTを使用した例を示している。同図において、被験者11は着座部30cに座り、反応用の複数のボタン（図示せず）が装着されたバー40Aを握る。反応用の刺激は被験者11前方のCRT30a上に表示され、瞬間的に消えるように設定されている。被験者11はCRT30aの画面に刺激が表示されると、決められたルールに従い可能な限り早くボタンを選択して押す作業を課される。

【0083】CRT30a上には、選択反応時間計測部35Aに設定された、刺激提示時刻や刺激パターンデータに従った色の付いた○印が、被験者11に十分見える程度の大きさと明るさで瞬間的に提示される。色は3種類あり、これらの色の提示される順番はランダムに設定されている。また、表示される時間間隔もランダムに設定される。尚、このときの色の種類は何色であつてもよい。

【0084】次に、本実施例における反応時間の計測手順について図32に示したフローチャートに従い説明する。同図のステップS30aで、刺激提示時刻 $t_1$ と計測終了時刻、そして覚醒度が低下して反応が遅れる場合

19

の見逃し時間として $T_c$ を設定する。刺激提示時刻 $t_i$ は乱数を発生させることにより得られ、提示時間間隔として5秒から30秒程度に一樣にランダムに選択するとよいが、この時間間隔と分布は任意に設定してもよい。また、計測時間としては30分から数時間に設定することが望ましい。

【0085】次に、ステップS31aで、刺激としてどの色を選定するか刺激提示パターンをランダムに設定する。ここでは、色（赤、青、黄色）のついた○印を設定する。しかし、この刺激発生ランダム性には片寄りがあつてもよく、極限状況ではある順番に提示してもよい。これは注意力の程度により、単調さを増そうとする場合は刺激のパターンが予測しやすいものに設定するとよい。

【0086】ステップS32aで、タイマー37AがCPU36aに現時刻を通知し、続くステップS33aで、ステップS30aで設定した刺激提示時刻 $t_i$ と現時刻 $t_a$ の一致を見る。ここでの判定の結果がYESであれば、即ち、設定された刺激提示時刻に達したとき、次のステップS34aで、あらかじめ決められた刺激パターンを被験者に提示する。こうすることで、刺激発生までウェイトをかけることができる。

【0087】ステップS35aでは、タイマー37AがCPU36aに刺激提示後の現時刻 $t_b$ を知らせる。そして、ステップS36aで被験者11からの反応信号を検出し、反応があれば続くステップS37aで反応時間として、 $t_b - t_a$ を算出する。しかし、ステップS36aで被験者11からの反応信号が検出できない場合は、ステップS38に進み、被験者の覚醒度が低下し、反応が遅れる場合の見逃し時間としてあらかじめ設定した $T_c$ と待ち時間 $t_b - t_a$ との比較を行なう。この待ち時間が $T_c$ を越えていなければ、ステップS35aに戻って現時刻 $t_b$ を入力し、次のステップS36aで再び反応信号を待つ。ステップS38aでの判定の結果がYESであれば、つまり待ち時間が $T_c$ を越えたときには見逃しと判定して、ステップS39aで便宜的に反応時間を $T_c$ とする。

【0088】ステップS40aでは、得られた刺激提示時刻に対する反応時間データを反応時間データ格納部36dに格納し、続くステップS41aでCPU36aは計測終了時刻になつたかの判定を行ない、判定結果がNOであれば、以上の過程を、設定した時刻がくるまで繰り返すべく、ステップS30aに戻る。しかし、ステップS41aで計測終了時刻が検知できれば、本処理を終了する。

【0089】図33は、脳波処理部70の構成を示すブロック図である。同図に示した脳波検出部70aでは、脳波用の電極を用いて人間の頭部に専用の導電性を持つ接着剤で接続し、それにて得られた脳波を、例えばヘッドアンプ（図24の生理計測用アンプ43に相当）にて

20

ノイズ対策を施し、その信号を増幅する。脳波検出部70aからの脳波信号は、A/D変換部61（図24のA/D変換器44に相当）を介して脳波データとして脳波データ格納部62に記憶される。このデータをデジタル・フィルタ（63a～63d）で $\delta$ 波帯域、 $\theta$ 波帯域、 $\alpha$ 波帯域、 $\beta$ 波帯域に分離し、各帯域データをフィルタリングデータ格納部（64a～64d）に記憶する。

【0090】次に、パワー量演算部（65a～65d）にて各帯域の脳波データから平均パワー量を求める。このときの平均時間 $T$ （1秒程度）は適時定める。こうして得られた平均パワーデータを覚醒度と相関の高い平均パワー量とするために、平滑化処理部（66a～66d）にて平滑化する。このときの平滑化時間の大きさを設定する方法については後述する。平均パワーデータは、各帯域別のパワーデータ格納部（67a～67d）に格納される。

【0091】脳波の平滑化処理に関しては反応時間との対応をとるために、刺激提示時刻から脳波に関する平滑化時間前までのパワー量を平均し、その時刻の脳波のパワー量とする。ここで各帯域の脳波の平滑化時間（ $T_\delta$ 、 $T_\theta$ 、 $T_\alpha$ 、 $T_\beta$ とする）を決める必要がある。これらのパラメータは、平滑化された後の脳波（4変数）と反応時間の相関が最も高くなるものを設定する必要がある。そのため反応時間を目的変数とし、 $\delta$ 波パワー量、 $\theta$ 波パワー量、 $\alpha$ 波パワー量、 $\beta$ 波パワー量の4変数を説明変数として、これらの平滑化時間を変えて重回帰分析72aで重回帰分析を行う。こうして色々な平滑化パラメータの組合せについて得られた重相関係数の内、最大の重相関係数を明らかにし、そのときの平滑化パラメータの組合せを脳波に関する最適な平滑化時間として決定する。また、同時に重相関解析から得られたパラメータ $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ とこれを用いた重回帰式を覚醒度推定式とする。これは予測されるのは反応時間であるが、反応時間と覚醒度とは相関高く対応していると考えることができるからである。

【0092】次に、覚醒度は定量的に計算できるが、どの程度のしきい値に対して刺激提示を開始するかを決定する必要がある。このときの決定の手順を図34のフローチャートに示す。同図のステップS80aで、反応時間データを取込み、次のステップS81aで反応時間データを対数変換する。ステップS82aで平均値 $A$ と標準値 $\sigma$ を計算する。これは一般に反応時間の分布がガウス分布となることが知られているからである。覚醒が平均から大きくズレてきたことを知るため、ステップS83aでしきい反応時間 $T_{th} = A + \sigma$ から $A + 2\sigma$ を設定し、これにより反応時間が遅くなつたときを覚醒低下にさしかかりつつあると判断することができる。また、同様に反応時間 $T_{th} = A - \sigma$ から $A - 2\sigma$ よりも反応時間が小さくなつたらかなり覚醒していると判断するこ

とも可能である。こうした考え方にに基づき、覚醒刺激を与え始めるしきい覚醒度の値としてTthを用いる。

【0093】得られたTthとTδ, Tθ, Tα, Tβとa1, a2, a3, a4とこれを用いた重回帰式を覚醒度推定パラメータとする。次に、本実施例のHMMを構成するCPU42内の覚醒度推定部の各構成要素について、詳細に説明する。

＜脳波検出部＞被験者（ドライバ）の頭部に、脳波を拾うための電極を専用の導電性を持つ接着剤で接続し、得られた脳波をヘッドアンプ（不図示）で増幅してノイズ対策を施した後に脳波用アンプ（不図示）で増幅する。

＜脳波加工部＞図35に、脳波加工部52aの詳細ブロック

$$\text{覚醒度} = a1 * P\delta + a2 * P\theta + a3 * P\alpha + a4 * P\beta + a5 \quad \dots (2-1)$$

また、覚醒度推定値は、

$$\text{覚醒度推定値} = (-1) \times \text{覚醒度}$$

で求める。

【0095】以上の方式で覚醒度推定した例を図36、及び図37に示す。図36は、各被験者と加振装置の振動条件について得た、最大の重相関係数、及び反応時間と脳波の平滑化時間を示す。同図において、数値は左から順に、重相関係数、それが得られたときの反応時間の平滑化時間（秒）、脳波の平滑化時間（秒）を表わす。尚、重相関係数は、小数点第3位を四捨五入した。

【0096】図37は、図36の結果を反応時間と重回帰式による反応時間の予測値の時間変化として表わしたものである。同図において、縦軸が反応時間、横軸は経過時間を表す。また、図中、点にて示しているのが反応時間で実線は脳波からの推定値である。尚、データの間の切り目は休憩を表している。この例では、反応時間と脳波の重相関係数は0.89であり、これは上述の方式が覚醒度の推定に有効であり、且つ、きめ細かな覚醒度の推定が可能であることを意味している。また被験者により異なるが、重相関係数の大きさは0.7から0.98の間をとることができる。

【0097】＜覚醒度判定部＞覚醒度判定部54aにおける処理手順について、図38に示したフローチャートにて説明する。同図のステップS81で、覚醒度推定部53aにて推定された覚醒度を取込み、ステップS82で覚醒度に相当する反応時間Rtを推定する。ここで、RtがTthを一度越えたということから、直ちに覚醒状態に変化が生じたと判定するのは危険である。何故ならば、何らかの要因でばらついた場合が考えられるからである。

【0098】そこで、ステップS83で信号出力用のしきい頻度N<sub>s</sub>を設定する。続くステップS84で、RtがTthを越える頻度を表わす頻度カウンタNの値を0とする。つまり、ある一定頻度N<sub>s</sub>より多くRtがTthを越えた場合を覚醒低下と判断する。但し、Rtのサンプリング時間は適時定めるとができる。このように決

\*ツク図を示す。同図の脳波加工部は、図33に示した脳波処理部と、脳波のパワー量算出方法を除き同一機能を有しているので、同一構成には同一符号を付し、ここではその詳細な説明は省略する。

＜覚醒度推定部＞覚醒度推定部53aは、図29に示した覚醒度推定パラメータ決定装置にて得られた覚醒度推定パラメータと重回帰式を用いて、脳波加工部52aで処理された脳波の各帯域パワー・データから覚醒度を計算する。そして、その値を覚醒度判定部54aに引き渡す。

【0094】覚醒度は、以下の推定式にて表わされる。

即ち、

$$\dots (2-2)$$

めたRtを覚醒低下の判定基準とする。

【0099】ステップS83でN<sub>s</sub>が決められ、頻度カウンタ値を0にした後、ステップS85で短時間の脳波データを取込む。そして、ステップS86で推定パラメータと重回帰式を用いて反応時間推定値Reeg（覚醒度）を計算する。ステップS87では、ReegとRtとが比較され、反応時間推定値ReegがRtを越えていなければステップS85に戻り、再び脳波を取込んで反応時間推定値Reegを算出する処理を繰り返す。しかし、ステップS87で、反応時間推定値ReegがRtを越えている場合は、ステップS88で頻度カウンタNに1を加算し、続くステップS89で頻度カウンタの値Nと設定した頻度N<sub>t</sub>との比較が行なわれる。ここでの判断がNOであればステップS85へ戻るが、YESであれば、即ち、頻度カウンタの値Nが設定した頻度N<sub>s</sub>を越えたときは覚醒異常と判定し、続くステップS90で覚醒低下を意味する覚醒低下信号を出力する。この覚醒低下信号は刺激提示部に送られる。

【0100】ステップS91では処理の終了を判定する。尚、ReegがRtを越え、しばらくの間Rtを越えることがない場合、ノイズとしてカウンタNをリセットする機構を取り付けてもよい。

＜刺激提示部＞刺激提示部50aは覚醒度判定部54aから覚醒低下信号を受けて、被験者であるドライバ11に音、振動、香り等覚醒効果のある刺激を一定時間、停止信号が来るまで出力する。尚、このとき刺激の種類や提示の方法は、後述の覚醒刺激設定装置で得られたものを用いてもよい。

【0101】図39は、覚醒刺激設定装置の構成を示すブロック図である。本覚醒刺激設定装置は、覚醒効果を上げる刺激が個人により異なる可能性があるため、あらかじめその個人に最も適当な刺激の種類と刺激提示の方法を決定するものである。本装置において、刺激提示部104と刺激パラメータ設定部110を除く脳波処理部

102, 反応時間計測部103, 覚醒度推定パラメータ決定部101は、図29に示した覚醒状態判定装置と機能が同一であるため、その説明は省略する。

【0102】図39において、被験者11に選択反応作業をさせ、そのときの脳波を同時記録する。そして、得られる反応時間と脳波から覚醒度推定パラメータ決定部でパラメータを決め、覚醒度を推定する。尚、この装置での評価を受ける前に被験者11が、図29に示す覚醒状態判定装置の覚醒度推定パラメータ決定部72による評価を受けている場合は、直ちに覚醒度推定を行うことができる。

【0103】刺激パラメータ設定部110には、最適な刺激状態を決定するための刺激の種類と提示方法をあらかじめ仮設定しておく。そして、刺激提示部104は、覚醒低下状態と判断したら、刺激パラメータ設定部110に設定されたデータに従い、スピーカ駆動部105を介してスピーカ105aから音を鳴らしたり、振動駆動部106を介して振動体が内蔵されたシート106aを高周波振動させたり、あるいは振動駆動部107を介して加振装置107aを低周波振動させて、被験者11に刺激を提示する。そして、その刺激を与えたときの脳波から被験者の覚醒度を推定し、刺激提示前と後の覚醒度推定値を比較し、効果があつたかどうかを見る。

【0104】刺激状態と刺激の種類を変えて、覚醒コントロールに最も効果のある刺激を選定することができ、更に得られた結果に基づいて個人の覚醒を持続し、覚醒コントロールの効果を上げることができる。次に、図4.0に示したフローチャートを参照して、図25のフローチャートのステップS35に対応する低覚醒対処処理について詳細に説明する。同図において、ステップS101で安全限界音レベルカウンタのリセット、つまりNΔを1にする。次のステップS102では、後述するように騒音量（増幅したエンジン音）のパワーを示すスピーカ発生音実効値Eaを計算する。

【0105】ステップS103では、安全音量チェックとしてテツプS102で求めたスピーカ発生音実効値E\*

$$E_o = \sqrt{\frac{1}{T_1} \int_t^{t+T_1} e_{1a}^2(t) dt} \quad \dots (3)$$

【0110】

$$Sear = \sqrt{\frac{1}{T_1} \int_t^{t+T_1} S^2(t) dt} \quad \dots (4)$$

【0111】ステップS115で、下記式に従いエンジ

$$\Delta e = \Delta \cdot (X - R_{best}) \cdot N\Delta \quad \dots (5)$$

そして、次のステップS116で、式(6)に従い、再生エンジン音実効値（スピーカ発生音実効値）Eaを計算する。

$$Ea = E_o \cdot \Delta e \quad \dots (6)$$

ステップS117では、ドライバの耳を保護する目的で、式(7)に従ってエンジン音再生時の耳元音の実効

\* aと初期値として設定した安全限界エンジン音量Esa feとのレベル比較をする。ここでEaがEsa feよりも大きいと判断された場合は、スピーカ発生音が安全限界を越えていて危険であるためステップS104に進み、後述する安全限界時発生音処理を実行してステップS102に戻る。

【0106】しかし、ステップS103でEaがEsa feよりも小さいと判断されたときは、ステップS105にて、後述するスピーカ音を発生させ、続くステップS106で、上述した覚醒度推定方法に従って覚醒度推定値X2を取り込む。ステップS107では、スピーカ音の発生によりドライバの覚醒度が最適覚醒度となつたか否かの判定、即ち、覚醒度推定値X2とRbest-Rerr2の値との比較を行なう。ここでX2がRbest-Rerr2より小さければ、ドライバは正常覚醒状態に戻っていないとして、再度ステップS102に戻る。しかし、X2がRbest-Rerr2より大きいと判定されれば、ドライバは低覚醒度状態から正常覚醒状態に戻ったとして本処理を終了する。

【0107】図41は、スピーカ発生音実効値の計算処理手順を示すフローチャートである。同図において、ステップS111でCPU41は、マイクロホン46を介してエンジン音e<sub>1a</sub>(t)を取り込む。ここでは、エンジン音の取り込みをe<sub>1a</sub>(t<sub>0</sub>)からe<sub>1a</sub>(t<sub>0</sub>+T<sub>1</sub>)まで行なう。続くステップS112では、ドライバの耳元に設置した耳元マイクロホン52を介して、スピーカ53から発せられるエンジン音（これを耳元音S(t)とする）を取り込む。この耳元音S(t)の取り込みは、S(t<sub>0</sub>)からS(t<sub>0</sub>+T<sub>1</sub>)まで行なう。

【0108】ステップS113では、式(3)に従って、ステップS111で取り込んだエンジン音の実効値E<sub>o</sub>を計算し、ステップS114では、式(4)に従って、ステップS112で取り込んだ耳元音の実効値Searを計算する。

【0109】

【数3】

【数4】

ン音再生増加率Δeを計算する。

$$\dots (5)$$

※算する。

$$\dots (6)$$

値である再生時音圧Ebを計算する。

【0112】

【数7】

$$E_b = \sqrt{\frac{1}{T_1} \int_t^{t+T_1} \{e_{in}(t) + S(t)\}^2 dt} \quad \dots (7)$$

【0113】図42は、スピーカ音の発生処理を示すフローチャートである。同図のステップS121でCPU a41は、図41に示したフローチャートのステップS\*

$$G = E_a / E_0$$

次のステップS122でゲインコントロール信号 $e_{out}(t)$ を計算する。この信号は、下記式にて求める。 ※10

$$e_{out}(t) = G \cdot e(t) \quad \dots (9)$$

図43は、安全限界時発生音の処理手順を示すフローチャートである。同図において、ステップS125では、安全音再生時間カウンタをリセットする( $N_{safe} = 1$ )。次に安全限界音の再生として、ステップS126で安全限界エンジン音量 $E_{safe}$ を再生し、続くステップS127で、その再生を安全限界時のエンジン音再生時間 $T_{safe}$ 秒だけ継続する。

【0115】ステップS128では、図41に示したフローチャートと同様な手順にてスピーカ発生音 $E_a$ を計算し、続くステップS129で安全音チェックとして、再生時音圧 $E_b$ と初期値として設定した安全限界エンジン音量 $E_{safe}$ とのレベル比較をする。このステップS129で $E_b$ が $E_{safe}$ よりも小さいと判断されたときは、そのまま処理を終えるが、 $E_b$ が $E_{safe}$ よりも大きいと判断された場合はステップS130に進み、安全音再生時間カウンタ $N_{safe}$ が安全限界カウンタ $N_{safe} - 1$ より大きいと判定する。

【0116】ステップS130での判定結果がNOであれば、安全限界エンジン音量 $E_{safe}$ の再生回数が所定回数に達していないとして、ステップS126に戻る。しかし、ステップS130の判定がYESであれば、安全限界エンジン音量 $E_{safe}$ を所定回数表示しても覚醒度の向上に効果がなく、ドライバの許容度を越えているとして、ステップS131で警告を発する。

【0117】次に、本実施例に係る過緊張対処処理(図25のステップS36)について説明する。図44は、過緊張対処処理の手順を示すフローチャートである。同図において、ステップS141では、香り呈示カウンタ $N_s$ をリセット( $N_s = 1$ )し、ステップS142で、沈静用の香り(ここでは、ジヤスミン系の香り)を呈示する。そして、ステップS143で、上述した覚醒度推定方法に従って覚醒度推定値 $X_3$ を取り込む。

【0118】ステップS144では、ステップS142での香りの呈示によりドライバの覚醒度が最適覚醒度となつたか否かの判定、即ち、覚醒度推定値 $X_3$ と $R_{best} + R_{err2}$ の値との比較を行なう。ここで $X_3$ が $R_{best} + R_{err2}$ より大きければ、ドライバは依然過緊張状態にあつて正常覚醒状態に戻っていないとしてステップS146に進む。ステップS146では、香

\*113、及びS116で求めたエンジン音の実効値 $E_0$ と再生エンジン音実効値(スピーカ発生音実効値) $E_a$ とから、アンプ50のゲイン $G$ を下記式にて求める。

$$\dots (8)$$

※【0114】

り呈示カウンタ $N_s$ が香り呈示限界回数 $N_s - 1$ より大きいと判定し、判定の結果がNOであれば、ステップS147で香り呈示カウンタ $N_s$ の値を1だけインクリメントした後、再度ステップS142に戻る。

【0119】しかし、ステップS146の判定結果がYESであれば、香りの呈示限界を越えたとして、ステップS148で警告を発して処理を終える。ステップS144で、 $X_3$ が $R_{best} + R_{err2}$ より小さいと判定されれば、ドライバは過緊張状態から正常覚醒状態に戻つたとして、次のステップS145で香りの呈示を停止する。

【0120】以上述べたように、本実施例によれば、脳波により覚醒度を定量的に精度よく検出でき、覚醒の度合に応じて刺激を運転者に与えることで、覚醒低下を防止し、運転者個人の最適覚醒状態に維持することができるという効果がある。また、覚醒低下時に限らず、過度の緊張状態に陥つた運転者の覚醒度を正常状態に引き戻し、安全な運転状態に誘導することができるという効果がある。

【0121】尚、上述の第3の実施例では、脳波により覚醒度を定量的に求めたが、以下の方法で簡易的にドライバの覚醒状態を維持することができる。図45は、覚醒リズムを定量的に検出するため覚醒状態判定装置の全体の構成を示すブロック図である。同図に示した装置では、被験者11からの脳波を計測し、それを覚醒度と関連の深い物理量に加工して、加工された脳波データの周波数分析をもとに覚醒リズム周期を検出する。

【0122】図45において、覚醒リズム計測部20cでは被験者11からの脳波データを計測、格納し、得られたデータをもとに覚醒リズム検出部21cにて覚醒リズム周期を検出する。そして、刺激提示部22cでは、覚醒リズム周期に基づき後述する音響等の刺激を発生する。覚醒リズム計測部20cは、被験者11の脳波を検出する電極2と、その電極2からの微弱電流のS/N比を改善するために前置増幅するヘッドアンプ部3c、ヘッドアンプ部3cからの信号を次段のA/D変換部5cでデジタルデータに変換するに十分なレベルを得るための信号増幅を行なうメインアンプ部4cと、装置全体を

制御する主制御部6cとから成る。主制御部6cは演算部として機能するCPU6a、及びA/D変換部5cにて変換されたデジタル信号を格納するための脳波データ格納部6bにて構成される。尚、A/D変換部の前段にアンチエイリアシング・フィルタを設けるか、あるいはサンプリング周波数を十分高くしてもよい。

【0123】覚醒リズム検出部21cは脳波データ格納部6bから脳波データを取込み、デジタルフィルタである帯域フィルタ7cにて脳波を $\delta$ 波(1~3Hz)、 $\theta$ 波(4~7Hz)、 $\alpha$ 波(8~13Hz)、 $\beta$ 波(18~30Hz)の4帯域に分離する。そして、パワー量演算部8cにて各脳波帯域データのパワー量を演算する。

【0124】得られたパワー量に更にノイズ除去のため、平滑化時間設定部10cで適当な平滑化時間T<sub>s</sub>を設定して平滑化処理部9cで平滑化処理を施し、脳波リズムを検出しやすいデータに変換する。平滑化処理されたデータは平滑化データ格納部11cに格納され、周波数分析部12cで周波数分析を施して周波数上のレベルのピークを読み取ることで覚醒のリズム周期を検出する。

【0125】刺激提示部22cの覚醒リズム周期格納部13cに、周波数分析の結果得られた覚醒リズム周期を格納し、タイマー14cと刺激発生部15cとを連動させて、所定の時刻に所定の時間間隔で刺激を提示する。図46に示したフローチャートを参照して、覚醒リズム検出部21cでの覚醒リズム検出処理手順を説明する。

【0126】図46のステップS1cで脳波データ格納部6bから脳波データを取込み、ステップS2cでは、前述の如くデジタル・フィルタにて脳波データを $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波の4つの帯域に分割する。そして、続くステップS3cで、上記帯域別の脳波データのパワー量を演算する。ここでは、フィルタリングされた帯域別パワースペクトラムの時系列データの2乗平均をとる。このときの平均時間T<sub>a</sub>は略1秒で、サンプリング周期は略30秒である。これにより、帯域別パワースペクトラムの時系列変化を追うことができ、同時にデータ量の縮小もできる。

【0127】ステップS4cでは、ステップS3cでの演算の結果得られたパワー量に、さらにノイズ除去及び長時間におけるパワー量の変化傾向を得るため、適当な平滑化時間T<sub>s</sub>を設定して平滑化処理を施し、脳波リズムを検出しやすいデータに変換する。尚、この平滑化時間T<sub>s</sub>は、略300秒とすると脳波リズムを検出しやすいことがパラメータの研究により明らかになっている。ステップS5cでは、平滑化データを平滑化データ格納部11に格納し、次の周波数分析に備える。

【0128】ステップS6cでは各帯域別に平滑化されたデータに対する周波数分析を施し、周波数上のレベルのピークを読み取ることで覚醒リズムの周期を検出する。ここでの周波数分析には、フーリエ変換か最大エン

トロピー法(MEM)を用いる。特に、ランダム性の強いデータにはフーリエ変換は効力がないので、ピーク検出がしやすいMEMでのリズム周期検出が有効である。

【0129】図47は、ある刺激が提示され、人間がそれに反応する時間から得られた周波数を分析した結果と脳波(ここでは $\alpha$ 波)のリズム分析の結果を比較したもので、実線が反応時間を、波線が脳波を表している。周波数上の解釈としてはピークがあればそのピーク周波数の覚醒リズムがあると解釈してよい。図47からわかるように、反応時間と脳波のピークはよく一致しており、また、脳波、特に $\alpha$ 波、 $\theta$ 波は覚醒低下状態によく対応して出現することからして脳波リズムはそのまま覚醒リズムと解釈可能である。このようなリズムの存在は、覚醒状態が複数の複合された周期で規則正しく、覚醒状態と低覚醒状態とを繰り返すことを意味している。

【0130】図48は覚醒状態判定装置により得られた覚醒のリズム周期に応じて、車両の運転者に対して刺激を与えている様子を示している。同図において、覚醒状態判定装置100cの刺激提示部22cからは、ある種の音響が発生し、スピーカ25cからの音により運転者を刺激して覚醒の持続を達成している。刺激としては、音響の他に、例えば振動、香り、温熱等、覚醒度の上がるものを用いてもよい。この装置では、後述するように覚醒度が個人固有のリズム、例えば、30分前後で覚醒が高まつたり、低下したりする現象をほぼ規則正しい周期で追った上で運転者に刺激を与え続ける。

【0131】図49は、覚醒度の時間変化を模式的に示したものである。次に、図50に示したフローチャートに従い、覚醒持続処理手順について説明する。図50のステップS10cで、覚醒リズム検出部21cで検出した個人固有の覚醒リズム周期T<sub>r</sub>を覚醒リズム周期格納部13cに設定し、次のステップS11cで、タイマー14cに覚醒低下時刻が訪れたときに、どの程度刺激をするかを決定する時間間隔 $\Delta t$ (刺激提示時間幅)を設定する。そして、ステップS12cでは、同じくタイマー14cに運転開始時間としてt=0を設定する。

【0132】上記t=0にて示された時から時間の計測を開始し、ステップS13cで、覚醒リズム周期T<sub>r</sub>の2分の1の時間が経過したかの判定をする。ここでの判定がYESであれば、続くステップS14cで再びタイマー14cに運転開始時間としてt=0を設定し、運転者に対する最初の刺激として、ステップS15cで、刺激発生部15cから一定時間刺激を与える。これは、運転開始時には運転者は覚醒状態にあり、最初の覚醒低下状態は覚醒リズム周期T<sub>r</sub>の半分の時間で訪れてくると考えられるからである。従つて、その後は、覚醒低下状態が覚醒リズム周期T<sub>r</sub>毎に訪れるので、その周期に合わせて運転者に刺激を与えることになる。

【0133】ステップS16cで、覚醒リズム周期T<sub>r</sub>と刺激提示時間幅 $\Delta t$ の算術差からタイマー設定時間t



が刺激提示時間に達したかを判定し、判定がYESであれば、次のステップS17cで刺激提示時間を越えていないかの判断をする。このステップS17cでの判断がNOである間は、ステップS19cでの刺激提示を続ける。しかし、ステップS17cで刺激提示時間を超過したと判断されれば、ステップS18cで刺激を停止する。

【0134】ステップS20cでは、運転終了に関連する操作として、例えば、イグニッション・キーを抜く等の操作の検出を行なう。運転未終了であれば、ステップS21cでタイマー14cに $t=0$ を設定する。しかし、運転終了と判断されれば本処理を終了する。このようにすることで、脳波を検出し、その脳波の時系列データの周波数分析から覚醒リズムを定量的に検出でき、更にそのリズムに従った刺激を与えることにより、運転者を覚醒状態に維持することが可能となる。

【0135】次に、刺激に対する反応時間に基づき覚醒リズムを検出する方法について説明する。図51は、刺激に対する反応時間に基づき覚醒リズムを検出するための覚醒状態判定装置全体の構成を示すブロック図である。同図において、第3実施例の覚醒状態判定装置(図30)、及び上記覚醒リズムを定量的に検出するため覚醒状態判定装置(図45)と同一構成要素には同一番号を付し、ここではその詳細な説明は省略する。

【0136】また、ここでの反応時間の計測状況、及び反応時間の計測手順も、第3実施例における計測状況(図31)、計測手順(図32)と同じであるため、その説明は省略する。図52に示したフローチャートは、図51の覚醒リズム検出部21cでの反応時間をもとにした覚醒リズム検出処理手順を示す。

【0137】図52のステップS50cで反応時間データ格納部36dより反応時間データを取込み、次のステップS51cで、対数変換部38cにて反応時間データの対数変換が施される。次に、ステップS52cで平滑化の時間幅 $T_s$ を設定し、ステップS53cでノイズ除去のための平滑化と周波数分析のために平均処理を施す。この $T_s$ は覚醒リズムの周期が5分以上であることにより、 $T_s=300$ 秒程度とする。また、計測開始時刻から時間 $T_s$ だけ先の時刻の間に刺激提示したときの反応時間の平均を求める。この平均の求め方は、加算平均、重み付けした平均、あるいは指数関数的平均のいずれでもよい。こうした方法でサンプリング周期 $T_{spp}$ だけ時刻をずらし、同じ操作を繰り返して計測最終時刻まで反応時間を求める。 $T_{spp}$ の設定時間は刺激提示時間幅の乱数の特性により決めるべきで、例えば20秒程度で一様に刺激が発生するように設定した場合は、 $T_{spp}$ を略20秒に設定するとよい。

【0138】ステップS54cで、上記の処理を受けた反応時間データを平滑化データ格納部11cに格納し、次のステップS55cで反応時間に対して周波数分析を

施し、周波数上のレベルのピークを検出することにより覚醒リズムの周期を求める。周波数分析の方法としてはフーリエ変換による方法と最大エントロピー法(MEM)を用いる方法とがある。

【0139】図53に、反応時間データに最大エントロピー法を施して周波数分析をした例を示す。この例では8分と3分の所にピークがあり、測定の対象となった被験者には、8分周期と3分周期の覚醒リズムが訪れるという特徴があることがわかる。こうして得られた覚醒のリズム周期をもとに、刺激提示部22cにて車両の運転者に対して刺激を与えることで、運転者の覚醒状態を継続させることができる。この刺激提示部22cを使用した運転者への刺激提示の様子は、図48に示した様子と同様であるため、その図示及び説明は省略する。また、刺激提示部22cにおける覚醒の持続処理手順についても、上述の刺激提示部22cでの処理(図50)と同じであるため、説明は省略する。

【0140】このように、刺激に対する反応時間から覚醒のリズム周期を定量的に計測できるので、検出された覚醒のリズム周期に応じて、単調、且つ長時間の高速道路走行をしている状況にある運転者に刺激を与え、運転者が覚醒低下に陥る前に覚醒状態に引き戻して覚醒の持続を達成できる。

<変形例>上記第3実施例のHMMでは、脳波から覚醒度を数値として推定したが、脳波以外に心拍数、あるいは、まばたき頻度により覚醒レベルを推定することができる。

【0141】最初に、心拍数にて覚醒度を推定する方法について説明する。図54において、心電位検出部51aは被験者であるドライバ11の心臓をはさむ部位に装着した電極2から心電位を検出し、不図示のアンプにより心電位信号を増幅する部分から構成される。心電位加工部52aは心電位検出部51aからの心電位信号を加工して覚醒の推定をしやすい物理量に信号処理する。即ち、心電位検出部51aにて増幅された心電位信号を後述するA/D変換器を介して取り込み、演算により覚醒度評価に必要な心拍数に加工する。

【0142】覚醒度推定部53aは、後述する覚醒度推定パラメータと心拍数データをもとに覚醒と関連の深い推定値を計算する。また、覚醒度判定部54aは、覚醒度推定部53aで推定された覚醒度合から、どの程度刺激を提示するかを判定する。そして、刺激提示部50aは、覚醒度判定部54aからの指示により、適当な刺激をドライバに提示したり、停止したりする。

【0143】本変形例の覚醒度推定部では、心拍数、及び反応時間をもとに覚醒度を推定し、その情報を用いて最適な刺激を運転者にバイオフィードバック的に与える。尚、本変形例に適用されたバイオフィードバックの概念は、第3実施例について図28にて説明したものと同じであるため、ここではその説明を省略するが、本変

形例においても、人間の覚醒状態の検出とそれに応じた刺激を与えることにより、図28に示した最適覚醒状態の持続を達成することが原理的にできる。

【0144】最初に、覚醒度推定部53aにて覚醒度を算出する際のパラメータを決定する、覚醒度推定パラメータ決定装置について説明する。覚醒度推定パラメータ決定装置は、覚醒の度合と相関の高い反応時間と心電位信号を同時に計測し、心電位から心拍数を計算する。そして、得られた心拍数データと反応時間データをもとに回帰分析を行うことで覚醒度推定パラメータを決定するものである。

【0145】図55は、覚醒度推定パラメータ決定装置の概略ブロック図である。同図は、この装置が人間の反応時間と心拍数を同時に長時間に渡り計測している状況を示しており、得られた反応時間と心拍数との相関を解析することにより推定パラメータを求めることができる。図55において、心電位処理部70aaは、被験者（ドライバ）11に装着した電極2からの心電位を計測し、反応時間計測部71は、被験者11が与えられた刺激に対して反応する時間を計測する。これらの計測結果をもとに、覚醒度推定パラメータ決定部72が被験者固有の覚醒度を推定する。

【0146】本変形例における反応時間（選択反応時間）の計測方法は、第3実施例と同じであるため、その説明は省略する（図30参照）。図56は、心電位処理部70aaの構成を示すブロック図である。同図に示した心電位検出部149では、心電図用の電極を用いて人間の心臓をはさむ部位に専用の導電性を持つ接着剤で接続し、それにて得られた心電位信号を、例えば、ヘッドアンプ（図24の生理計測用アンプ43に相当）にてノイズ対策を施し、その信号を増幅する。

【0147】心電位検出部149からの心電位信号は、A/D変換部61（図24のA/D変換器44に相当）を介して心電位データとして心電位データ格納部62aに格納される。心拍数は、心電位データ格納部62aに格納された心電位データをもとに、元心拍数演算部150で計算される。得られた元心拍数データは、覚醒度と相関の高い平均心拍数データとするため、平均処理部152にて平滑化する。尚、この平滑化のための時間設定については、後述する。また、平均処理後の心拍数データは、心拍数格納部153に格納される。

$$\text{覚醒度} = a1 * H + a2$$

但し、Hは心拍数以上の方式で覚醒度推定した例を図58に示す。図58は、各被験者と加振装置の振動条件について得た、最大の相関係数を示す。尚、相関係数は、小数点第3位を四捨五入した。また、平滑化時間は、反応時間、心拍数とも300秒である。

【0151】図58より、心拍数と反応時間は高い相関関係があり、きめ細かな覚醒度の推定が可能であることを意味している。但し、本手法は、第3実施例にて示し

\*【0148】心拍数データの平滑化処理に関しては反応時間との対応をとるために、刺激提示時刻から心拍数に関する平滑化時間前までの心拍数を平均し、それをその時刻の心拍数とする。ここで心拍数の平滑化時間を決める必要がある。これらのパラメータは、平滑化された後の心拍数と反応時間の相関が最も高くなるものを設定する必要がある。そのため反応時間を目的変数とし、心拍数を説明変数として、これらの平滑化時間を変えて回帰分析部72aaで回帰分析を行う。こうして色々な平滑化パラメータの組合せについて得られた相関係数の内、最大の相関係数を明らかにし、そのときの平滑化パラメータの組合せを心拍数に関する最適な平滑化時間として決定する。また、同時に相関解析から得られたパラメータa1、a2とこれを用いた回帰式を覚醒度推定式とする。これは予測されるのは反応時間であるが、反応時間と覚醒度とは相関高く対応していると考えられるからである。

【0149】次に、覚醒度は定量的に計算できるが、どの程度のしきい値に対して刺激提示を開始するかを決定する必要がある。このときの決定の手順は、図34のフローチャート（第3実施例）と同じである。ここでは、得られたTth、a1、a2と、これを用いた回帰式を覚醒度推定パラメータとする。次に、本変形例の覚醒度推定部の各構成要素について詳細に説明する。

<心電位検出部>被験者（ドライバ）の心臓をはさむ部位に、心電位を拾うための電極を専用の導電性を持つ接着剤で接続し、得られた心電位信号をヘッドアンプ（不図示）で増幅してノイズ対策を施した後に生理用アンプ（不図示）で増幅する。

<心電位加工部>図57に、心電位加工部52aaの詳細ブロック図を示す。同図の心電位加工部は、図56に示したものと同一機能を有しているため、同一構成には同一符号を付し、ここではその詳細な説明は省略する。

<覚醒度推定部>覚醒度推定部53aは、図55に示した覚醒度推定パラメータ決定装置にて得られた覚醒度推定パラメータと回帰式を用いて、心電位加工部52aaで処理された心拍数データから覚醒度を計算する。そして、その値を覚醒度判定部54aに引き渡す。

【0150】覚醒度は、以下の推定式にて表わされる。即ち、

$$\dots (10)$$

た脳波による覚醒度の推定程、よい精度は得られない。

<覚醒度判定部>覚醒度判定部54aにおける処理手順については、図38（第3実施例）に示したフローチャートと同じであるため、その説明は省略する。

<刺激提示部>刺激提示部50aは覚醒度判定部54aから覚醒低下信号を受けて、被験者であるドライバ11に音、振動、香り等覚醒効果のある刺激を一定時間、停止信号が来るまで出力するものである。

【0152】図59は、覚醒刺激設定装置の構成を示すブロック図である。本覚醒刺激設定装置は、覚醒効果を上げる刺激が個人により異なる可能性があるため、あらかじめその個人に最も適当な刺激の種類と刺激提示の方法を決定するものである。本装置において、刺激提示部104、刺激パラメータ設定部110を除く心電位処理部161、反応時間計測部103、覚醒度推定パラメータ決定部101は、図55に示した覚醒状態判定装置と機能が同一であるため、その説明は省略する。

【0153】図59において、被験者11に選択反応作業をさせ、そのときの心電図を同時記録する。そして、得られる反応時間と心拍数から覚醒度推定パラメータ決定部でパラメータを決め、覚醒度を推定する。尚、この装置での評価を受ける前に被験者11が、図55に示す覚醒状態判定装置の覚醒度推定パラメータ決定部72による評価を受けている場合は、直ちに覚醒度推定を行うことができる。

【0154】刺激パラメータ設定部110には、最適な刺激状態を決定するための刺激の種類と提示方法をあらかじめ仮設定しておく。そして、刺激提示部104は、覚醒低下状態と判断したら、刺激パラメータ設定部110に設定されたデータに従い、スピーカ駆動部105を介してスピーカ105aから音を鳴らしたり、振動駆動部106を介して振動体が内蔵されたシート106aを高周波振動させたり、あるいは振動駆動部107を介して加振装置107aを低周波振動させて、被験者11に刺激を提示する。そして、その刺激を与えたときの心拍数から被験者の覚醒度を推定し、刺激提示前と後の覚醒度推定値を比較し、効果があつたかどうかを見る。

【0155】刺激状態と刺激の種類を変えて、覚醒コントロールに最も効果のある刺激を選定することができ、更に得られた結果に基づいて個人の覚醒を持続し、覚醒コントロールの効果を上げることができる。以上述べたように、本実施例によれば、心拍数により覚醒度を定量的に精度よく検出でき、覚醒の度合に応じて刺激を運転者に与えることで、覚醒低下を防止し、運転者個人の最適覚醒状態に維持することができるという効果がある。

【0156】また、覚醒低下時に限らず、過度の緊張状態に陥つた運転者の覚醒度を正常状態に引き戻し、安全な運転状態に誘導することができるという効果がある。次に、まばたき頻度による覚醒レベルの推定方法について説明する。図60において、まばたき検出部51bbは被験者であるドライバ11の眼球上下、あるいは左右に装着した電極2から眼球運動を検出し、不図示のアンプにより眼球運動電位を増幅する部分から構成される。まばたき加工部52bbは、まばたき検出部51bbからの眼球運動信号を加工して覚醒の推定をしやすい物理量に信号処理する。即ち、まばたき検出部51bbにて増幅された眼球運動信号を後述するA/D変換器を介して取り込み、演算により覚醒度評価に必要なまばたき頻

度に加工する。

【0157】覚醒度推定部53aは、後述する覚醒度推定パラメータとまばたき頻度データをもとに覚醒と関連の深い推定値を計算する。また、覚醒度判定部54aは、覚醒度推定部53aで推定された覚醒度合から、どの程度刺激を提示するかを判定する。そして、刺激提示部50aは、覚醒度判定部54aからの指示により、適当な刺激をドライバに提示したり、停止したりする。

【0158】本実施例の覚醒度推定部では、まばたき、及び反応時間をもとに覚醒度を推定し、その情報を用いて最適な刺激を運転者にバイオフィードバック的に与える。尚、本変形例に適用されたバイオフィードバックの概念は、第3実施例について図28にて説明したものと同じであるため、ここではその説明を省略するが、本変形例においても、人間の覚醒状態の検出とそれに応じた刺激を与えることにより、図28に示した最適覚醒状態の持続を達成することが原理的にできる。

【0159】次に、覚醒度推定部53aにて覚醒度を算出する際のパラメータを決定する、覚醒度推定パラメータ決定装置について説明する。覚醒度推定パラメータ決定装置は、覚醒の度合と相関の高い反応時間と眼球運動信号を同時に計測し、眼球運動から得られた、まばたき頻度データと反応時間データをもとに回帰分析を行うことで覚醒度推定パラメータを決定するものである。

【0160】図61は、覚醒度推定パラメータ決定装置の概略ブロック図である。同図は、この装置が人間の反応時間と眼球運動を同時に長時間に渡り計測している状況を示しており、得られた反応時間とまばたき頻度との相関を解析することにより推定パラメータを求めることができる。覚醒度推定パラメータ決定装置は、まばたき処理部70bbで被験者（ドライバ）11に装着した電極2からの眼球運動を計測し、反応時間計測部71で被験者11が与えられた刺激に対して反応する時間を計測して、これらの計測結果をもとに、覚醒度推定パラメータ決定部72が被験者固有の覚醒度を推定する。

【0161】本変形例における反応時間（選択反応時間）の計測方法は、第3実施例と同じであるため、その説明は省略する（図30参照）。図62は、まばたき処理部70bbの構成を示すブロック図である。同図に示した眼球運動検出部155では、電極を用いて人間の眼球上下、あるいは左右に専用の導電性を持つ接着剤で接続し、それにて得られた眼球運動信号を、例えば、ヘッドアンプ（図24の生理計測用アンプ43に相当）にてノイズ対策を施し、その信号を増幅する。

【0162】眼球運動検出部155からの眼球運動信号は、A/D変換部61（図24のA/D変換器44に相当）を介して眼球運動信号データとして眼球運動信号データ格納部62bbに格納される。眼球運動信号データは、眼球運動信号データ格納部62bbに格納された眼球運動信号データをもとに、元まばたき頻度演算部15

6で計算される。

【0163】得られた元まばたき頻度データは、覚醒度と相関の高い平均まばたき頻度データとするため、平均処理部158にて平滑化する。平均処理後の平均まばたき頻度データは、まばたき頻度データ格納部159に格納される。尚、この平滑化のための時間設定、及び刺激提示を開始する際のしきい値決定の手順については、上述の心拍数をもとにした覚醒レベル推定における方法と同様であるため、その説明は省略する。

【0164】次に、本変形例の覚醒度推定部の各構成要素について詳細に説明する。

＜眼球運動検出部＞被験者（ドライバ）の眼球上下、あるいは左右に、眼球運動信号を拾うための電極を専用の導電性を持つ接着剤で接続し、得られた信号をヘッドア\*

$$\text{覚醒度} = a1 * E + a2$$

但し、Eは、まばたき頻度である。以上の方式で覚醒度推定した例を図64、及び図65に示す。図64は、各被験者と加振装置の振動条件について得た、最大の相関係数を示す。尚、相関係数は、小数点第3位を四捨五入した。また、平滑化時間は、反応時間、心拍数とも300秒である。

【0166】図65は、図64の結果を反応時間とまばたき頻度からの予想値の時間変化を示したものである。同図の縦軸が対数反応時間、横軸が経過時間を表わす。また、図中、点にて示しているのが反応時間、実線は、まばたき頻度からの予測値を示す。尚、データの切れ目は、実験セッション間の休憩を表わす。これらの図から、上述の方式が覚醒度の推定に有効であり、かつ、きめ細かな覚醒度の推定が可能であることがわかる。但し、本手法は、第3実施例にて示した脳波による覚醒度の推定程、よい精度は得られない。

【0167】＜覚醒度判定部＞覚醒度判定部54aにおける処理手順については、図38（第3実施例）に示したフローチャートと同じであるため、その説明は省略する。

＜刺激提示部＞刺激提示部50aは覚醒度判定部54aから覚醒低下信号を受けて、被験者であるドライバ11に音、振動、香り等覚醒効果のある刺激を一定時間、停止信号が来るまで出力するものである。

【0168】図66は、覚醒刺激設定装置の構成を示すブロック図である。本覚醒刺激設定装置は、覚醒効果を上げる刺激が個人により異なる可能性があるため、あらかじめその個人に最も適当な刺激の種類と刺激提示の方法を決定するものである。尚、本装置における反応時間計測部103、覚醒度推定パラメータ決定部101は、図61に示した覚醒状態判定装置と機能が同一であるため、その説明は省略する。

【0169】図66において、被験者11に選択反応作業をさせ、そのときの眼球運動を同時記録する。そして、得られる反応時間とまばたき頻度から覚醒度推定パ

\*ンプ（不図示）で増幅してノイズ対策を施した後に生理用アンプ（不図示）で増幅する。

＜眼球運動信号加工部＞図63に、まばたき加工部52bbの詳細ブロック図を示す。同図のまばたき加工部は、図62に示したものと同一機能を有しているため、同一構成には同一符号を付し、ここではその詳細な説明は省略する。

＜覚醒度推定部＞覚醒度推定部53aは、図61に示した覚醒度推定パラメータ決定装置にて得られた覚醒度推定パラメータと回帰式を用いて、まばたき加工部52bbで処理されたまばたき頻度データから覚醒度を計算する。そして、その値を覚醒度判定部54aに引き渡す。

【0165】覚醒度は、以下の推定式にて表わされる。即ち、

$$\dots (11)$$

ラメータ決定部でパラメータを決め、覚醒度を推定する。尚、この装置での評価を受ける前に被験者11が、図61に示す覚醒状態判定装置の覚醒度推定パラメータ決定部72による評価を受けている場合は、直ちに覚醒度推定を行うことができる。

【0170】刺激パラメータ設定部110には、最適な刺激状態を決定するための刺激の種類と提示方法をあらかじめ仮設定しておく。そして、刺激提示部104は、覚醒低下状態と判断したら、刺激パラメータ設定部110に設定されたデータに従い、スピーカ駆動部105を介してスピーカ105aから音を鳴らしたり、振動駆動部106を介して振動体が内蔵されたシート106aを高周波振動させたり、あるいは振動駆動部107を介して加振装置107aを低周波振動させて、被験者11に刺激を提示する。そして、その刺激を与えたときのまばたき頻度から被験者の覚醒度を推定し、刺激提示前と後の覚醒度推定値を比較し、効果があつたかどうかを見る。

【0171】刺激状態と刺激の種類を変えて、覚醒コントロールに最も効果のある刺激を選定することができ、更に得られた結果に基づいて個人の覚醒を持続し、覚醒コントロールの効果を上げることができる。以上述べたように、本実施例によれば、まばたき頻度により覚醒度を定量的に精度よく検出でき、覚醒の度合に応じて刺激を運転者に与えることで、覚醒低下を防止し、運転者個人の最適覚醒状態に維持することができるという効果がある。

【0172】また、覚醒低下時に限らず、過度の緊張状態に陥った運転者の覚醒度を正常状態に引き戻し、安全な運転状態に誘導することができるという効果がある。尚、上記実施例では対象をドライバに限定しているが、例えば、コンピュータ等のユーザーも適用対象とすることができる。また、適用の範囲も自動車産業に限定せず、人間対機械という関係が存在する、例えば、家電、建築という生活関連産業にも展開できる。

【0173】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、人間の感性を検出し、その状態に応じて機械に人間的感情機能を付加することで、機械を疑似人間化し、人間と機械との相互作用において人間が心理的な満足を得ることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】～

【図2】本発明の基本構成を説明するための図、

【図3】～

【図15】本発明に係る第1の実施例を説明するための図、

【図16】～

【図22】本発明に係る第2の実施例を説明するための図、

【図23】～

【図53】本発明に係る第3の実施例を説明するための図、

【図54】～

【図66】第3実施例の変形例を説明するための図である。

【符号の説明】

5 疑似人間反応生成部

6 刺激制御部

10 7 適応制御部

8 非適応制御部

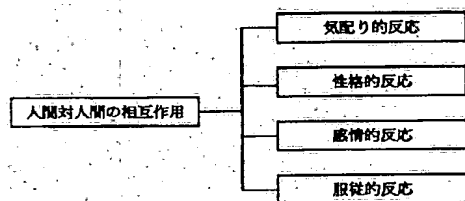
9 人間状態検出部

10 感覚刺激発生部

11 被験者（ドライバ）

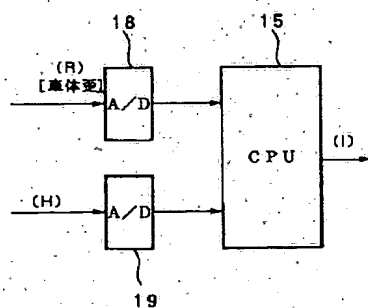
【図1】

第1図



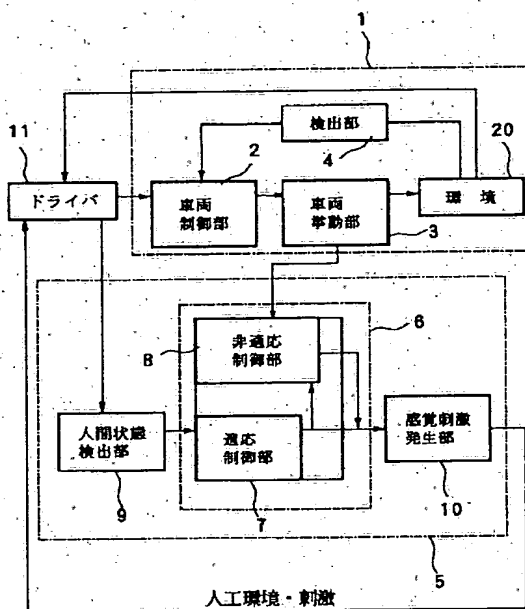
【図4】

第4図



【図2】

第2図

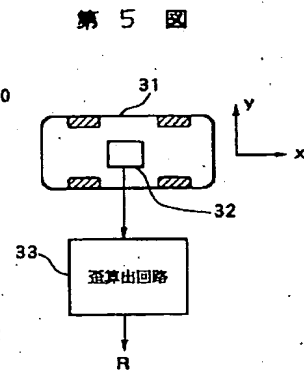


【図15】

第15図

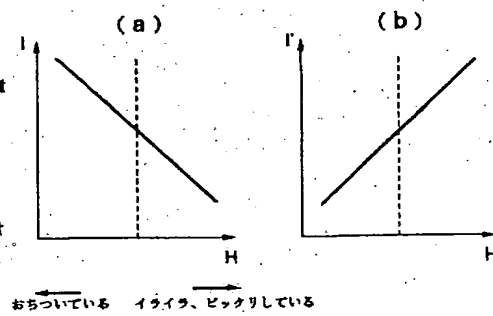
人間状態	シート振動周波数のゆらぎ	
	適応制御	非適応制御
イライラ、ビックリ	$1/f^n$ 型	ホワイトノイズ型
沈静	ホワイトノイズ型	$1/f^n$ 型

【図 5】



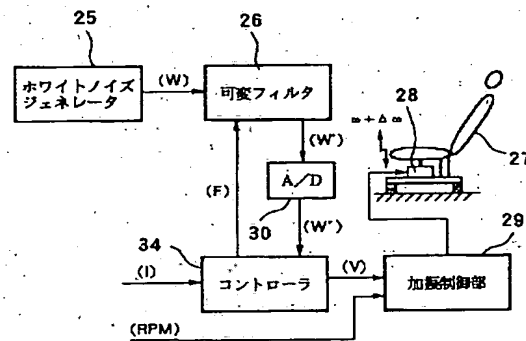
【图 7】

第 7 圖



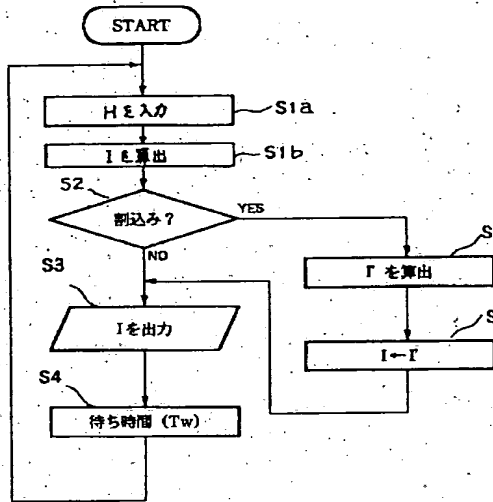
第 11 圖

第 10 圖



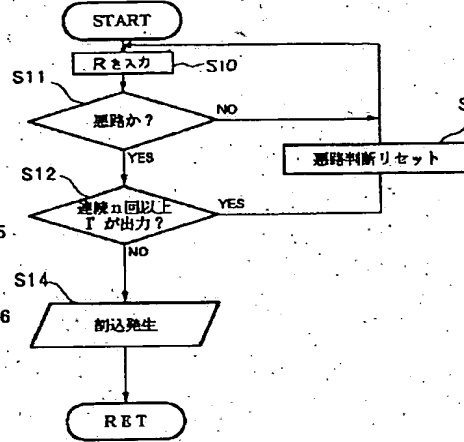
【図8】

第8図

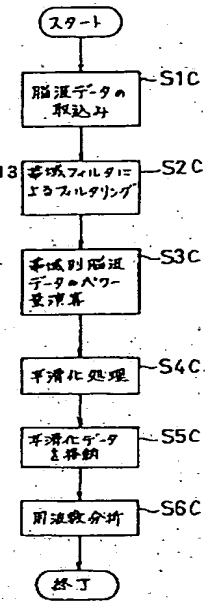


【図9】

第9図

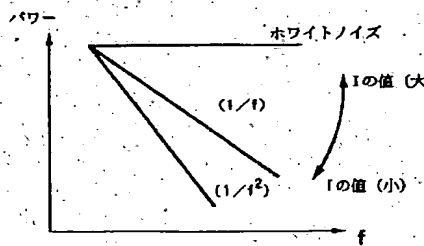


【図46】



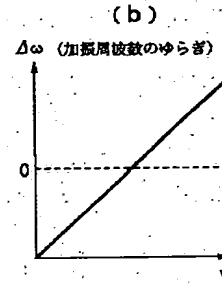
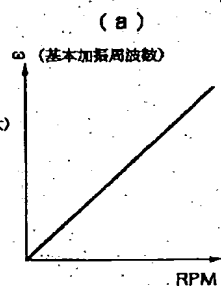
【図12】

第12図



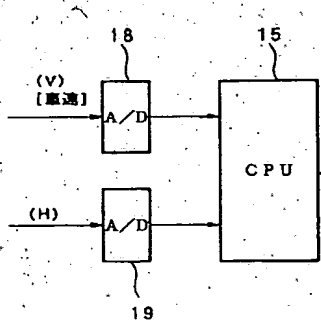
【図13】

第13図



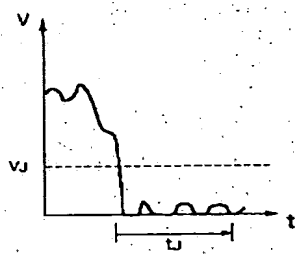
【図16】

第16図



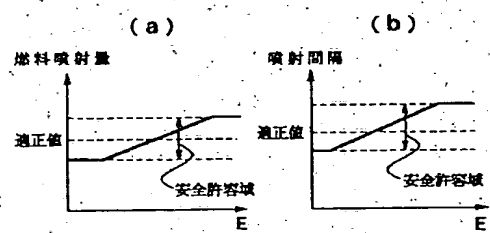
【図18】

第18図



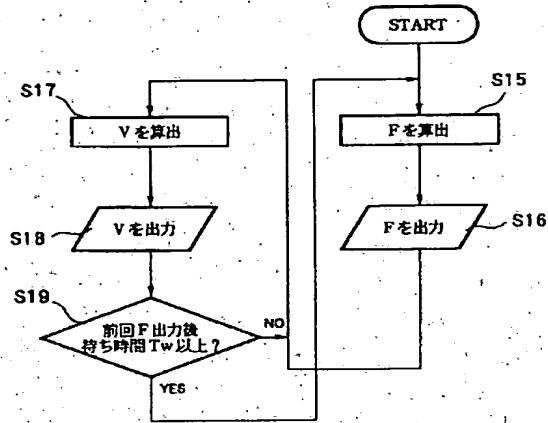
【図20】

第20図



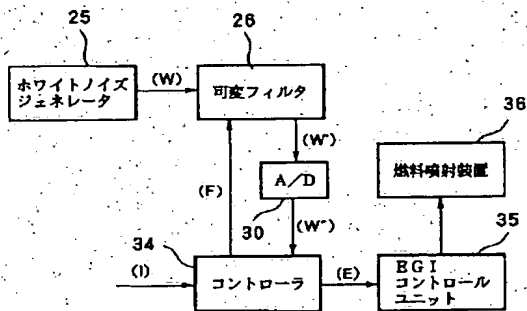
【図14】

第 14 図



【図19】

第 19 図



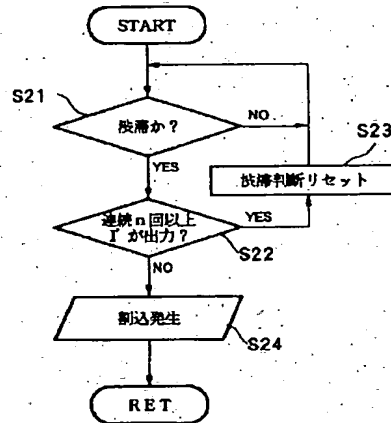
【図22】

第 22 図

人間状態	燃料噴射のゆらぎ	
	適応制御	、非適応制御
イライラ、ビックリ	$1/f^n$ 型	ホワイトノイズ型
沈黙	ホワイトノイズ型	$1/f^n$ 型

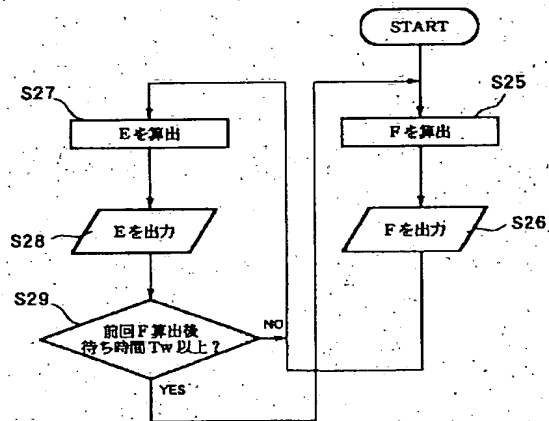
【図17】

第 17 図

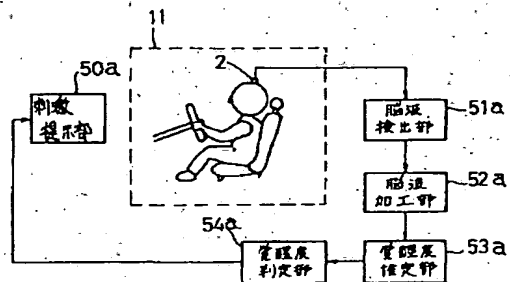


【図21】

第 21 図



【図27】

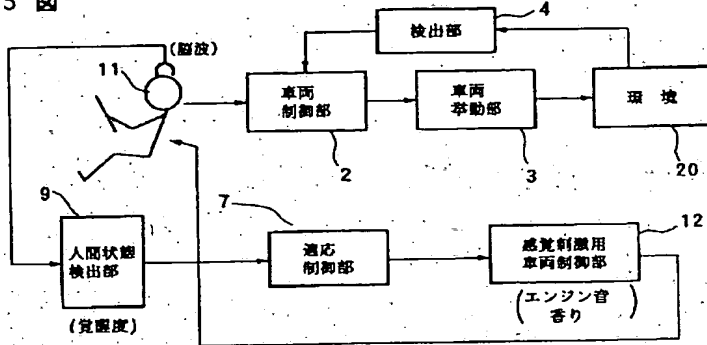




【図23】

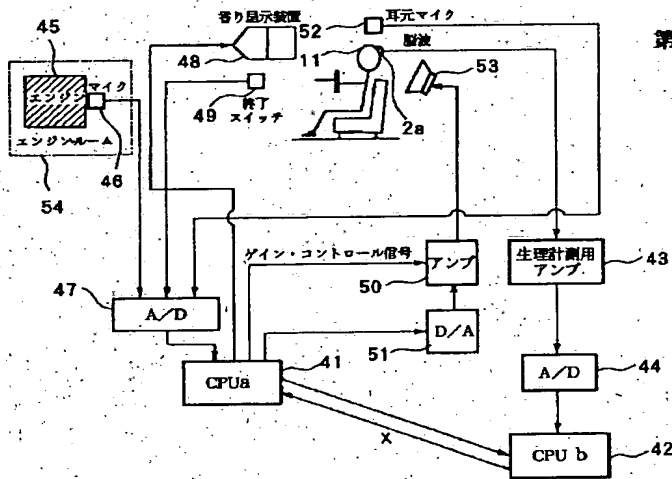
【図34】

第23図



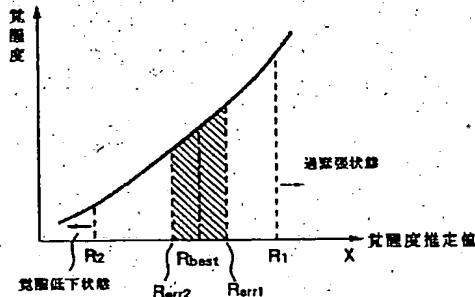
【図24】

第24図

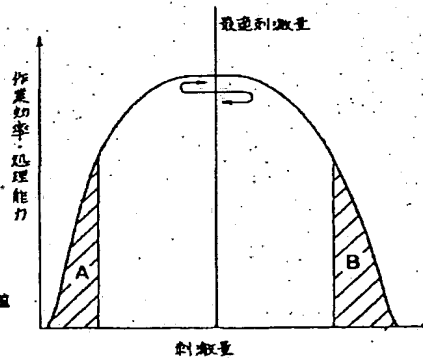


【図26】

第26図

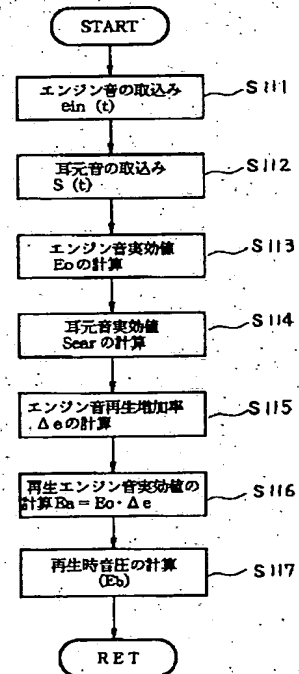


【図28】

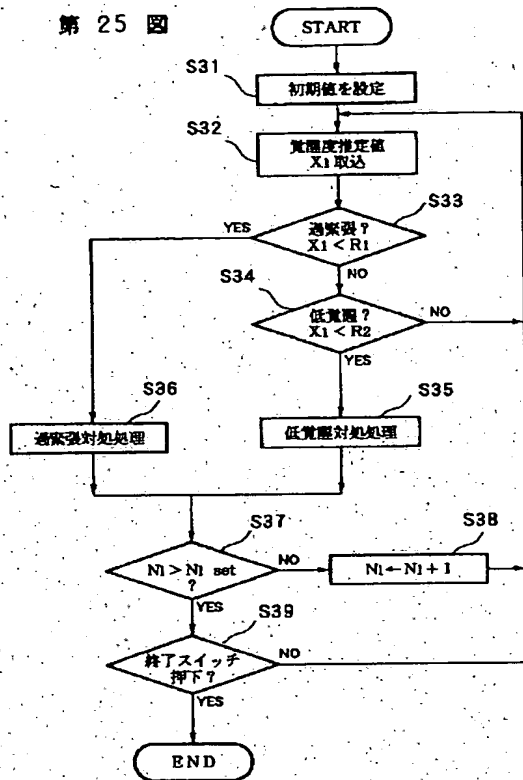


【図41】

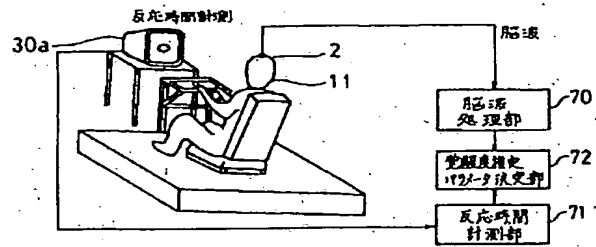
第41図



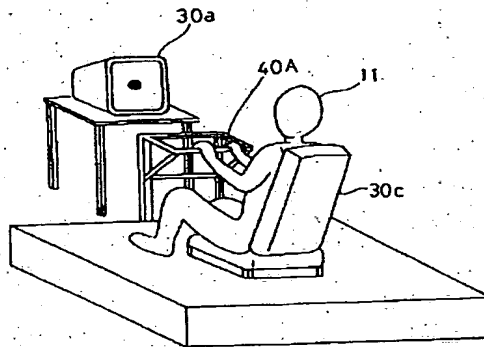
【図25】



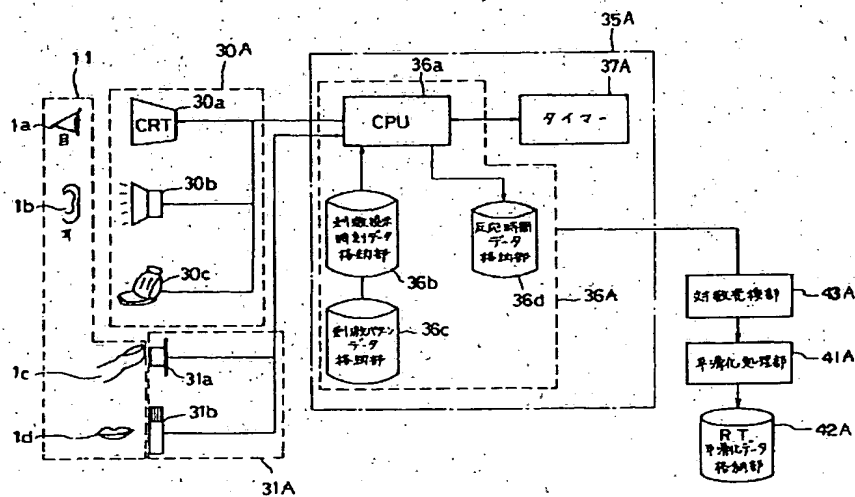
【図29】



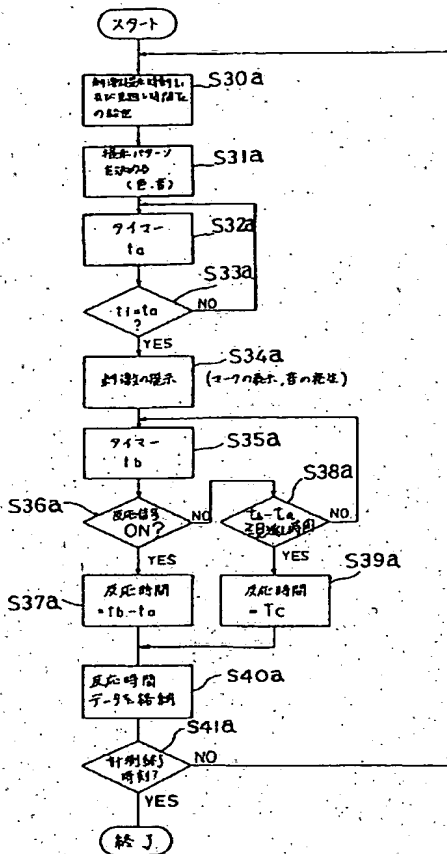
【図31】



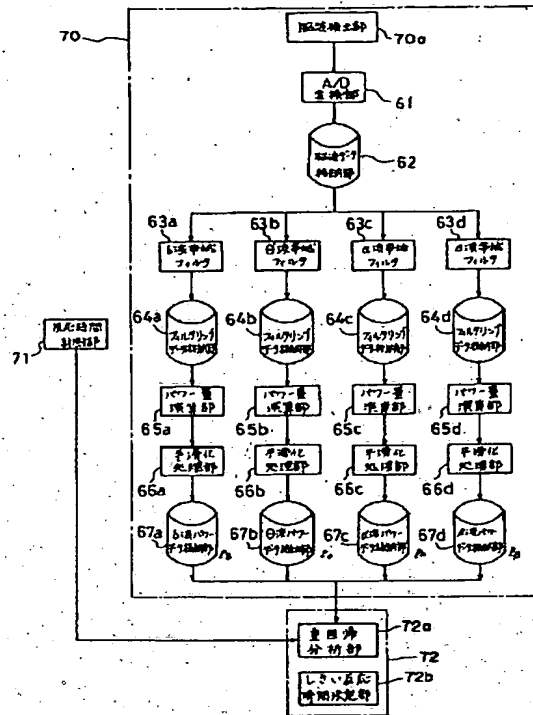
【図30】



【図32】

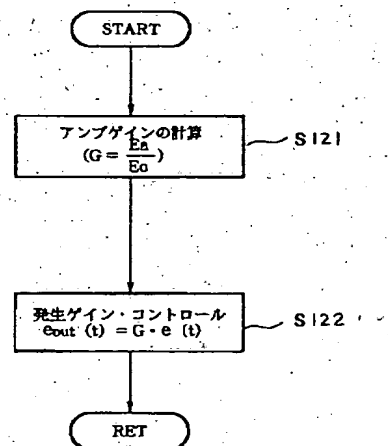


【図33】



【図42】

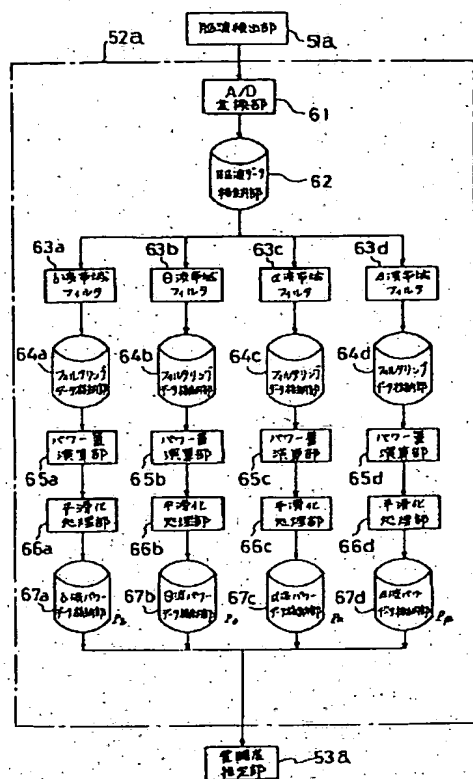
第 42 図



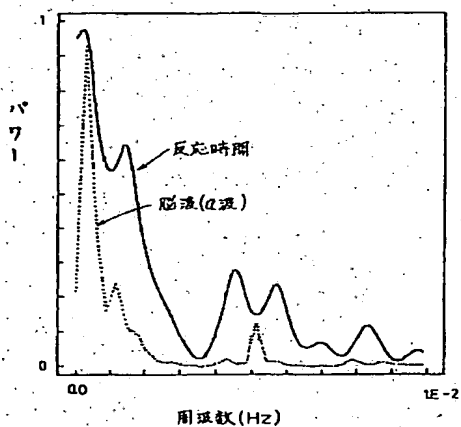
【図36】

振動 種類	0%	40%	80%
TG	0.89 1800 1500	0.95 480 1200	0.80 300 350
OH	0.83 1800 1800	0.97 1200 1500	0.83 1200 1500
TM	0.82 300 350	0.83 350 350	0.83 1800 1500
I Z	0.87 350 1200	0.84 600 1800	0.88 480 1800
AR	0.89 1200 1500	0.68 1500 900	0.74 1800 1800

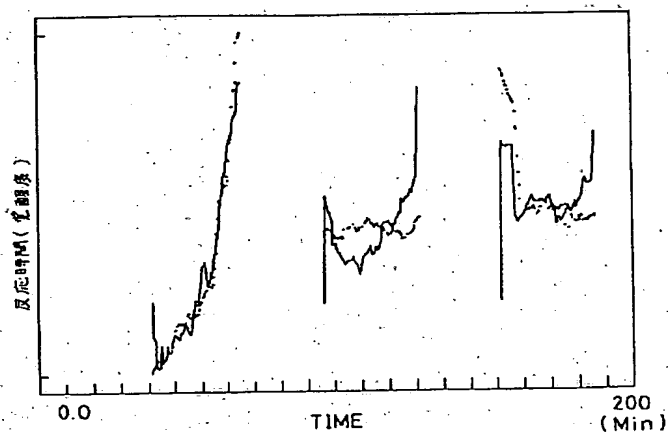
【図35】



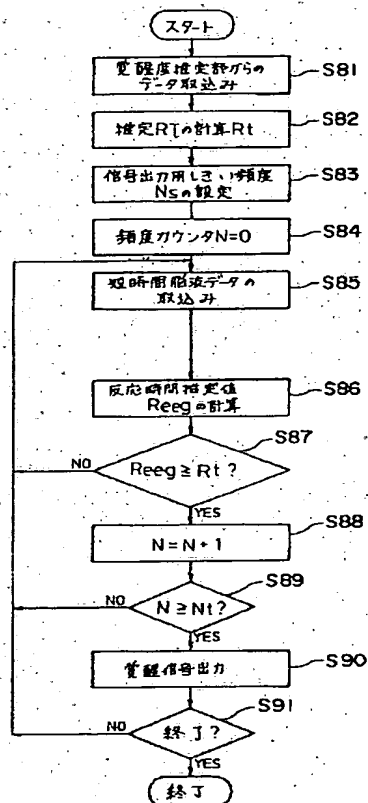
【図47】



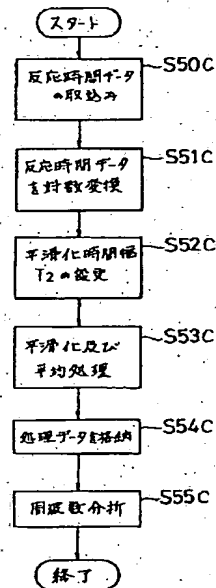
【図37】



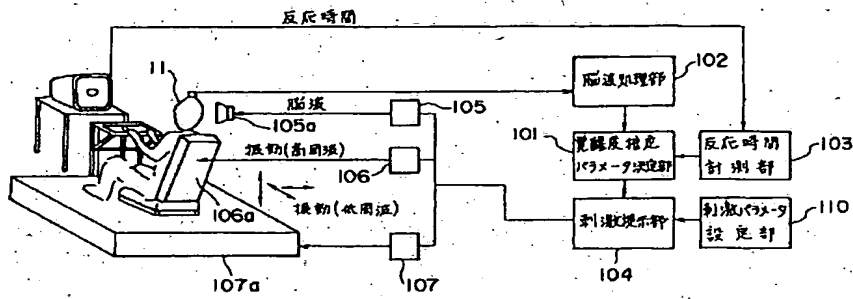
【図38】



【図52】

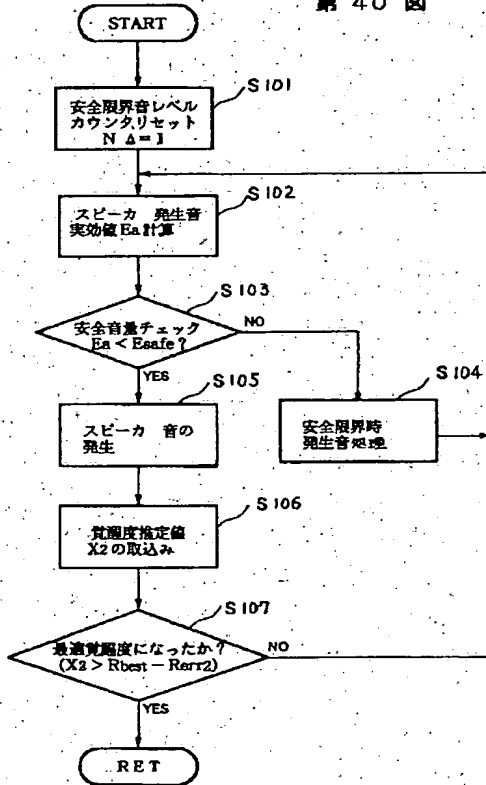


【図39】



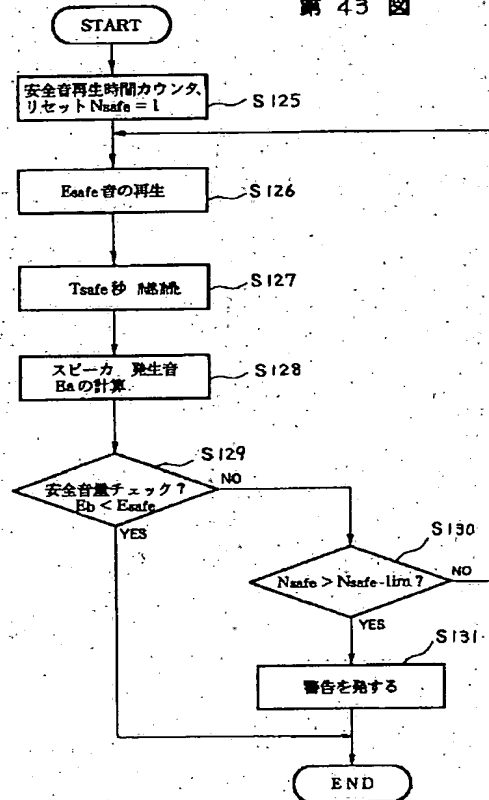
【図40】

第40図



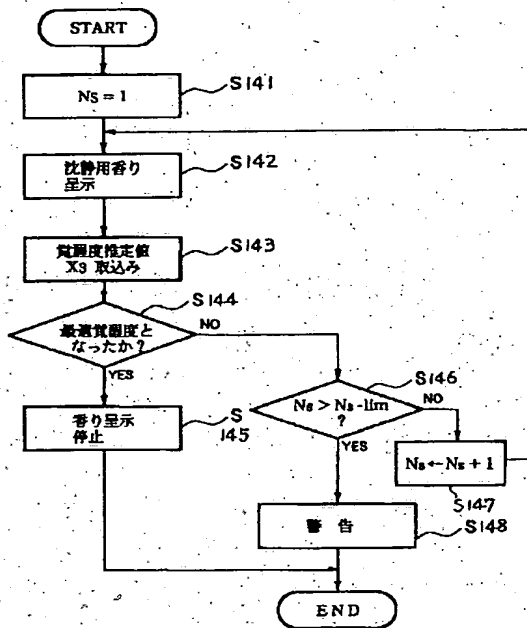
【図43】

第43図

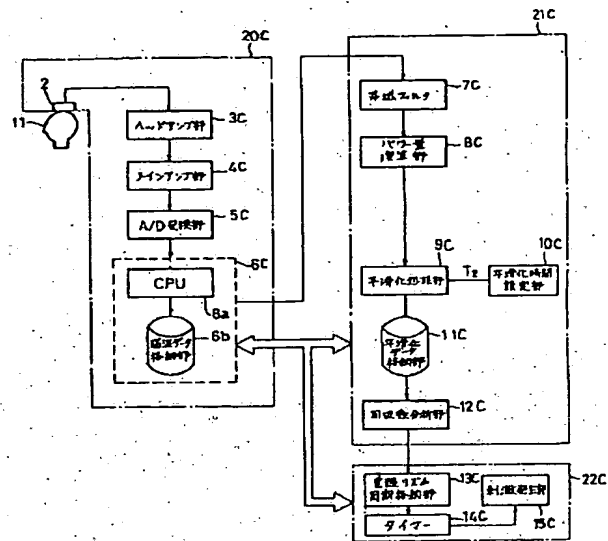


【図44】

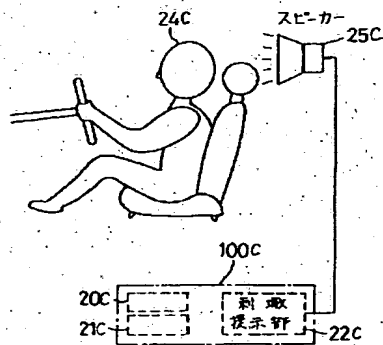
第44図



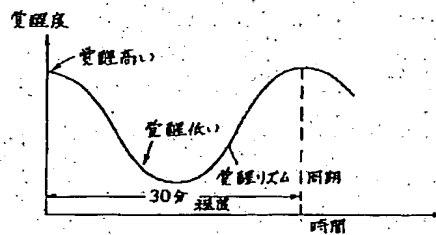
【図45】



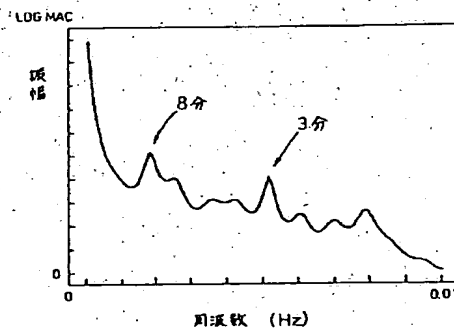
【図48】



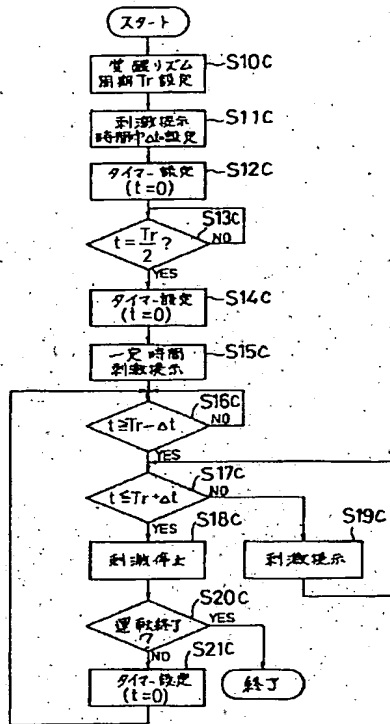
【図49】



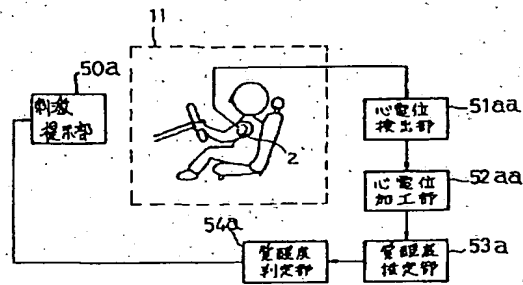
【図53】



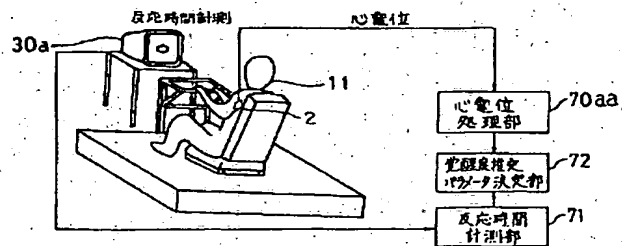
【図50】



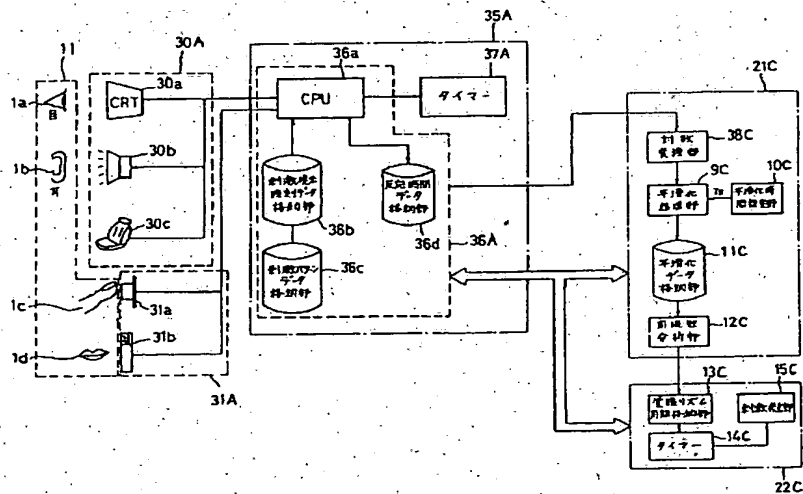
【図54】



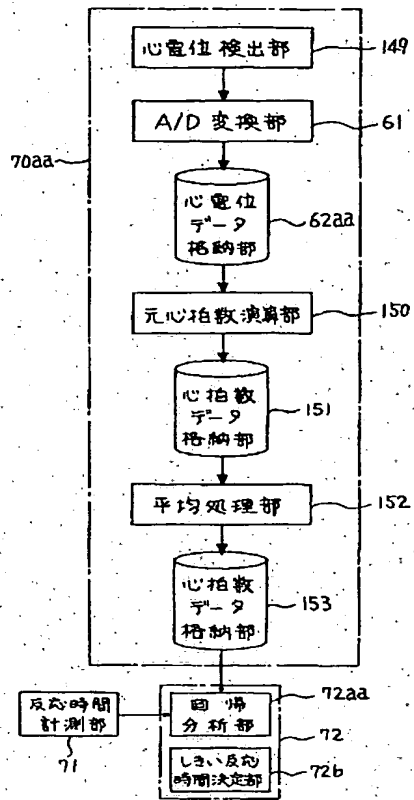
【図55】



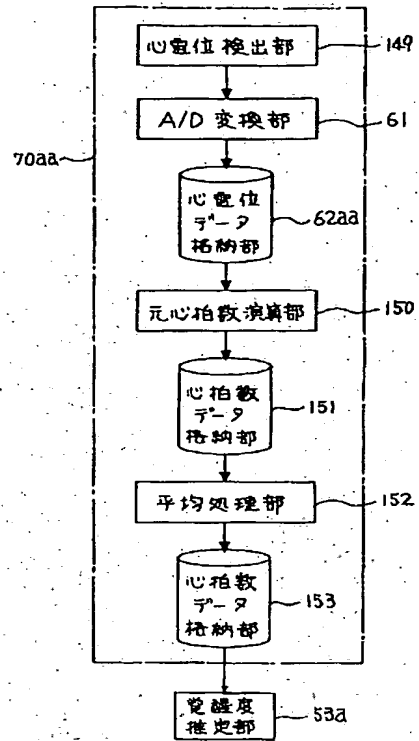
【図51】



【図56】



【図57】



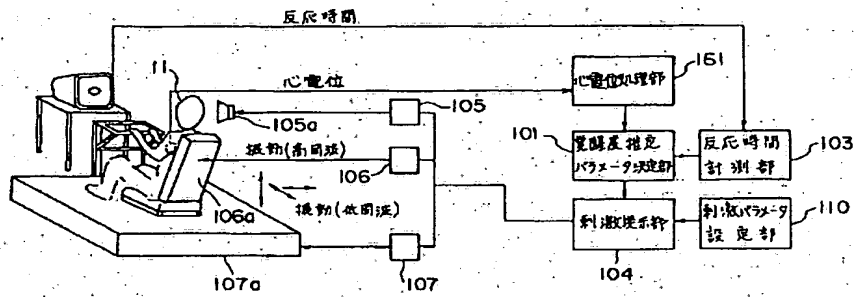
【図58】

第58図

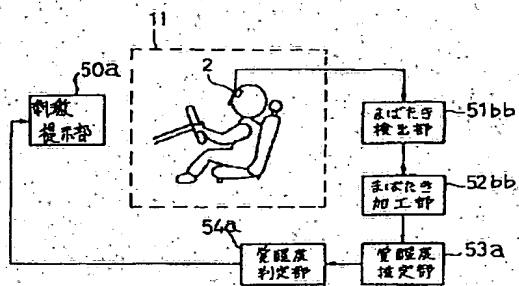
被験者 \ 振動	0%	40%	80%
TG	-0.76	-0.51	-0.66
OH	-0.57	0.54	-0.40
TM	-0.58	-0.56	-0.81
IZ	-0.75	-0.87	-0.85
AR	-0.48	0.44	-0.53



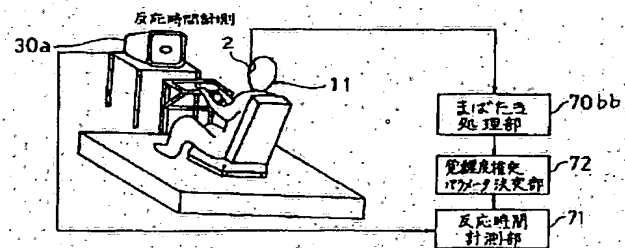
【図59】



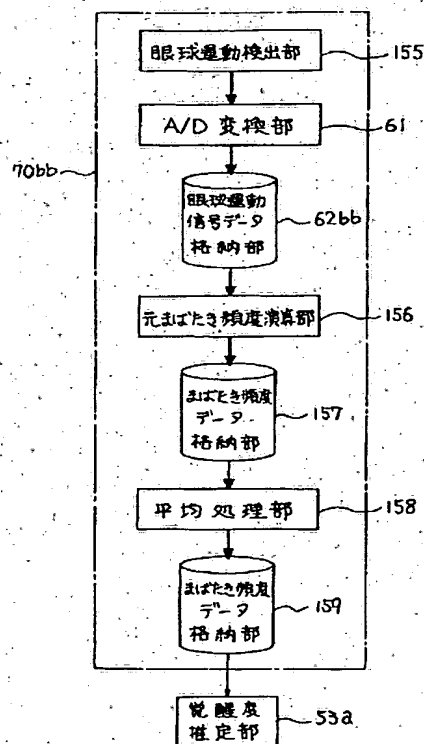
【図60】



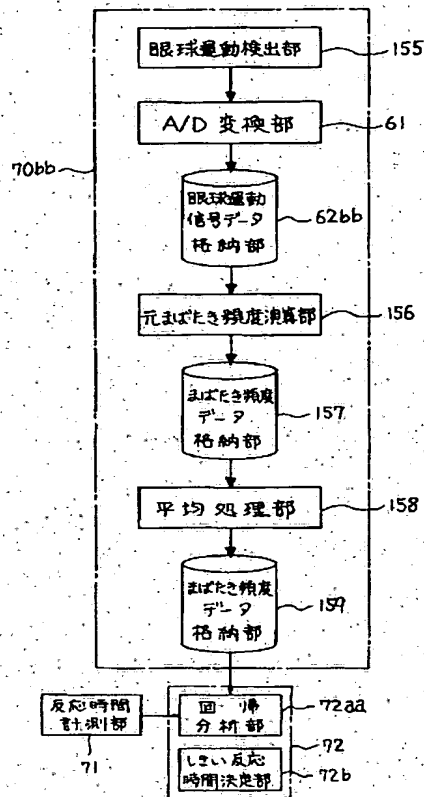
【図61】



【図63】



【図6.2】



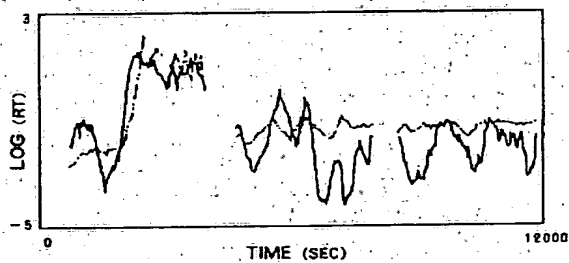
【図6.4】

第 64 図

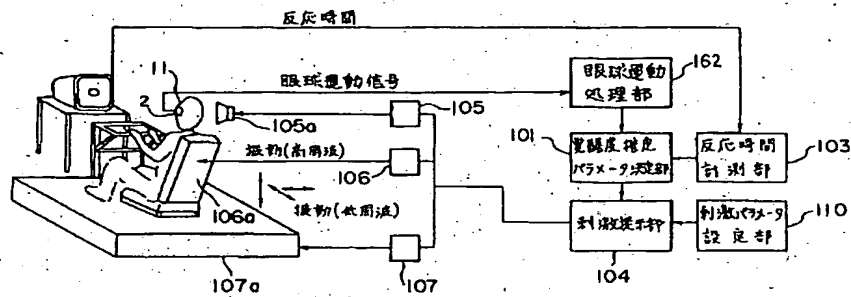
被験者 \ 振動	0%	40%	80%
TG	-0.81	0.63	-0.68
OH	-0.54	0.60	0.27
TM	0.62	-0.64	-0.50
IZ	-0.31	-0.63	-0.84
AR	-0.60	0.36	0.59

【図6.5】

第 65 図



【図66】



フロントページの続き

(72)発明者 平畑 奈美  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
 株式会社内  
 (72)発明者 堀口 明伯  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
 株式会社内

(72)発明者 阿部 智行  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
 株式会社内  
 (72)発明者 永村 寧一  
 茨城県土浦市小松1丁目34番17号  
 (72)発明者 佐渡山 亜兵  
 茨城県つくば市並木4丁目926番102号